

Entwicklung und Optimierung von standortangepassten Anbau- systemen für Energiepflanzen im Fruchtfolgeregime

Abschlussbericht zum Teilprojekt 1

Dieses Vorhaben wird vom BMELV über die FNR gefördert
und seitens der TLL koordiniert
(FKZ: 22013008)

Projekt-Nr.: 99.16



Langtitel: Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands (EVA II)
Kurztitel: Entwicklung und Optimierung von standortangepassten Anbausystemen für Energiepflanzen im Fruchtfolgeregime

Projektleiter: Dr. habil. Armin Vetter
Abteilung: 400
Abteilungsleiter: Dr. habil. Armin Vetter
Laufzeit: 01.02.2009-30.09.2012
Auftraggeber: Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV)
Bearbeiter: Christoph Strauß, Dr. Marco Lorenz (01.06.2012-30.09.2012), Dr. Arlett Nehring (01.02.2009-31.05.2012), Dr. habil. Armin Vetter

Bearbeiter/ Arbeitsgruppen an den Standorten:

Landwirtschaftskammer Niedersachsen (LWK NI)
Tobias Glauert, Carsten Rieckmann, Frerich Wilken, Dr. Matthias Benke

Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei (LFA)
Ina, Fleischer, Dr. Jana Peters, Dr. Andreas Gurgel

Brandenburgisches Landesamt für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung (LELF)
Dr. Gunter Ebel, Dr. Gert Barthelmes

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG)
Jana Grunewald, Dr. Kerstin Jäkel

Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau Sachsen-Anhalt (LLFG)
Inga Bormann, Kevin Böttcher, Dr. Lothar Boese

Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL)
Markus Dressler, Jens Eckner, Dr. Marco Lorenz, Dr. Arlett Nehring, Daniel Freund, Maren Oswald

Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe (TFZ)
Dr. Beate Formowitz, Daniela Zander, Dr. Kathrin Deiglmayr, Dr. Maendy Fritz

Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg (LTZ)
Dr. Ernst Walter, Dr. Sandra Kruse, Klaus Mastel

Verfasser: Eckner, J.; Strauß, C.; Nehring, A.; Vetter, A.
Weitere Autoren sind in den jeweiligen Kapiteln namentlich benannt.

Jena, im März 2014

Dr. Armin Vetter
Stellvertretender Präsident

INHALTSVERZEICHNIS

INHALTSVERZEICHNIS	1
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	3
TABELLENVERZEICHNIS	6
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	7
1 Präambel	8
2 Einleitung	9
3 Material und Methoden	10
3.1 Standorte und Witterung in den Versuchsjahren	10
3.2 Versuchsaufbau und Versuchsdurchführung	14
3.3 Datenerhebung und Datennutzung innerhalb des Forschungsverbunds	16
4 Ergebnisse des Fruchtfolgeversuchs	18
4.1 Fruchtfolge 01: W.Gerste/ Sorghum (SZwF) – Mais – W.Triticale/ Phacelia (SZwF)	18
4.2 Fruchtfolge 02: Sorghum – Grünschnittroggen (WZwF) / Mais (ZF) – W.Triticale (Korn)	22
4.2.1 Fruchtfolge 03: Mais – W.Roggen (WZwF) / Sorghum (ZF) – W.Triticale / Einj. Weidelgras (SZwF)	23
4.2.2 Fruchtfolge 05/04: Hafersortenmischung – W.Triticale (GP) – W.Raps (Korn)	25
4.3 Fruchtfolge 04/05: S.-Gerste – mehrjährige Ackerfuttermischungen	27
4.4 Zusammenfassender Vergleich der Fruchtfolgen an den Standorten	30
5 Weiterführende Auswertungen und Interpretationen zum Fruchtfolgeversuch	36
5.1.1 Wertung der innerhalb des Fruchtfolgeversuchs angebauten Fruchtarten (bzw. - Kombinationen)	36
5.1.2 Vergleich von Sorghum und Mais in Hauptfruchtstellung	36
5.1.3 Mais und Sorghum im Zweikulturnutzungssystem	37
5.1.4 Anbau von Wintergetreide als Ganzpflanze	45
5.2 Ertragsleistungen und standortspezifische Vorzüglichkeiten der Kulturen	47
5.3 Fruchtfolgewirkungen und Vorfruchtwirkungen	48
5.3.1 Erträge des Abschlussfruchtfolgegliedes	50
5.3.2 Vergleich der Wirkungen unterschiedlicher Vorfrüchte auf W.Triticale (GPS)	54
5.3.3 Exkurs: Korn-Stroh- bzw. Korn-Ganzpflanzenverhältnisse	57
5.3.4 Selbstfolgestabilität des Maisanbaus	58
5.3.5 Fruchtfolgewirkungen nach Anbau von mehrjährigem Ackerfutter	59
5.4 Bewertung von Ertragsergebnissen mit Gasausbeuten	61
5.5 Möglichkeiten weiterführender Bewertungen und Ausblick	64
5.6 Zusammenfassung der Ergebnisse zum Fruchtfolgeversuch	66
6 Ergebnisse der Satellitenversuche	69
6.1 Satellitenversuche mit Bezug zu den Fruchtfolgen	69
6.1.1 Reduzierte Bodenbearbeitung	69
6.1.2 Untersuchungen zur Bodenmikrobiologie – Auswirkungen des Energiepflanzenanbaus auf die Bodeneigenschaften bei unterschiedlicher Bodenbearbeitung	71
6.1.3 Reduzierung Pflanzenschutz und Düngung	78

6.1.4	Kleiner Gärrestversuch	81
6.2	Großer Gärrestversuch	84
6.3	Satellitenversuch Vegetationszeitausnutzung	89
6.4	Mischanbau von Mais und Sorghum	93
6.5	Ackerfutter- und Grünlandmischungen	97
7	Transfer der Ergebnisse auf Praxisbedingungen und Bewertung (Delphi-Analyse)	105
8	Zusammenfassung	109
9	Fazit	113
Anhang		CXIV
Literaturverzeichnis		CXXIV
Öffentlichkeitsarbeit		CXXVII

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Lage der Standorte des Grundversuchs sowie der Standorte der „großen“ Satellitenvorhaben	10
Abbildung 2: Jahresdurchschnittstemperaturen und Jahresniederschläge der EVA-Standorte 2005-2013; langjähriges Mittel entspricht 30 jährigem Mittel	11
Abbildung 3: kumulierte Trockenmasseerträge Fruchtfolge 01, 1.-4. Anlage; ohne Abschluss-FFG	19
Abbildung 4: kumulierte Trockenmasseerträge Fruchtfolge 02, 1.-4. Anlage; ohne Abschluss-FFG	21
Abbildung 5: kumulierte Trockenmasseerträge Fruchtfolge 03, 1.-4. Anlage; ohne Abschluss-FFG	24
Abbildung 6: kumulierte Trockenmasseerträge Fruchtfolge 05/04, 1.-4. Anlage; ohne Abschluss-FFG	26
Abbildung 7: kumulierte Trockenmasseerträge Fruchtfolge 04/05, 1.-4. Anlage; ohne Abschluss-FFG	29
Abbildung 8: Trockenmasseerträge der jeweils ertragreichsten „Standardfruchtfolge“ und der ertragreichsten regionalspezifischen Fruchtfolge; Mittel 3.-4. Anlage; ohne Abschluss-FFG	31
Abbildung 9: kumulierte Erträge relativ zum Mittel der Fruchtfolge (oben), kumulierte Erträge relativ zum Standortmittel FF01-05 (unten), 1.-4. Anlage; ohne Abschluss- FFG	32
Abbildung 10: kumulierte Trockenmasseerträge der Fruchtfolgen 01 bis 05, 1.-4. Anlage, Mittelwerte über alle Standorte außer Lindenhof (1.-2. Anlage ohne Bernburg); ohne Abschluss-FFG	34
Abbildung 11: Vergleich der Trockenmasseerträge von Sorghum (HF) in FF02 und Mais (HF) FF03 (2005/2006/2009/2010)	37
Abbildung 12: Erträge von FF01 Mais, FF02 Grünschnittroggen/Mais (ZF) und FF03 Grünschnittroggen/Sorghum (ZF), Mittel 1.-4. Anlage; für Bernburg und Lindenhof 3.-4. Anlage	38
Abbildung 13: Zusammenhang von verfügbarem Wasser (Bodenwasser + Niederschlag während des Wachstums) und dem Trockenmasseertrag von Mais als Ableitung aus Daten EVA II unter der Annahme, verfügbares Wasser für Zweitfrüchte = verfügbares Wasser für Hauptfrüchte – 50 mm Wasserausschöpfung durch Grünschnittroggen (im Mittel der Standorte 130 gegenüber 80 mm)	39
Abbildung 14: Niederschlag in der Phase Vegetationsbeginn-Ernte Grünroggen und Mehrertrag der Kombination Grünroggen – Mais gegenüber Mais (HF)	40
Abbildung 15: W.Gerste/Sorghum, Sorghum (HF) und Grünschnittroggen/Sorghum in 2010 im Vergleich der Standorte	41
Abbildung 16: Erträge von Sorghum in unterschiedlicher Fruchtfolgestellung; 1.-4. Anlage; HF in FF02; ZF in FF03; SZwF in FF01 (in EVA I nach W.Triticale, in EVA II nach W.Gerste)	42
Abbildung 17 a/b: Wärmesumme und Trockensubstanzgehalt von Sorghumsorten in EVA I (oben) und besser abreifender Sorten (meist EVA II, unten). Die waagerechte Linie markiert den für die Silierung geforderten TS-Gehalt von 28%.	43
Abbildung 18: Vergleich von W.Triticale (FF04/05) und Mais (FF03), 4-jährig. Fehlerbalken geben das jeweilige Minimum und Maximum der Prüfglieder/ Einzeljahre an.	46
Abbildung 19: Erträge ausgewählter Kulturen und Kulturabfolgen, Mittel 1.-4. Anlage	47

Abbildung 20: Mittlerer Kornertrag W.Weizen relativ zum Mittel der Fruchtfolgen 01-05 je Standort, Fehlerbalken: Minimum und Maximum aller Standorte (bzw. bei MW Gesamt auch Jahre).....	51
Abbildung 21: Darstellung kumulierter Wertzahlen aus Bonituren verschiedener Pathogene (Boniturnote 0=1 Wertpunkt ... Boniturnote 4=5 Wertpunkte) aus Bonituren an Probenmaterial Erntejahre 2008 und 2009 aller Standorte (Lindenhof und Bernburg noch nicht beteiligt).....	52
Abbildung 22: Belastung von Kornproben des Abschlussfruchtfolgeglied W.Weizen/ W.Roggen 3.Anlage 2012 und 4.Anlage 2013 mit DON (Nachweisgrenze 0,11 mg DON/ kg TM)	52
Abbildung 23: Trockenmasseerträge (dt TM/ha) von W.Triticale (GPS) nach Mais und Sorghum. n=Anzahl der Prüfglieder, Werte der Jahre 2007, 2008, 2011, 2012, alle Versuchsstandorte.....	55
Abbildung 24: Trockenmasseerträge (dt TM/ha) von W.Triticale (GP) nach Mais und Hafer; n=Anzahl Prüfglieder, 2007 und 2011, alle Versuchsstandorte	55
Abbildung 25: Harvest-Indizes (HI) aus Parzellendaten der Fruchtarten Winterraps (n = 56), Winterroggen (n = 164), Winterweizen (n = 286) an den EVA – Versuchsstandorten (die grüne Hilfslinie stellt den HI-Wert der DüV dar)	57
Abbildung 26: Relativ-Erträge – Harvest-Index (Fruchtfolge 2, 4-jährig, mit Ausnahme Bernburg und Trossin jeweils 2-jährig), Min/Max der Jahre (links), Gegenüberstellung von Kornerträgen und GPS-Erträgen (Fruchtfolge 3) (rechts)	58
Abbildung 27: Vergleich Relativerträge Mais in Selbstfolge gegenüber Mais in Kulturfolge (100%)	59
Abbildung 28: Trockenmasseerträge FF 05/04 FFG 1 Hafersortenmischung; FFG2 W.Triticale, Mittel 1.-2.Anlage Rotation vor mehrjährigem Ackerfutter, Mittel 3.-4.Anlage Rotation nach mehrjährigem Ackerfutter).....	60
Abbildung 29: Trockenmasseertrag, spezifische Methanausbeute (Quelle: (Heiermann, et al., 2013) und Methanhektarertrag (ohne Silierverluste) von Mais, Sorghum und Wintergerste an drei Standorten im Mittel der Jahre 2009 und 2010.....	62
Abbildung 30: Trockenmasseertrag (oben), spezifische Methanausbeute (Mitte, Quelle: (Heiermann, et al., 2009) und Methanhektarertrag (ohne Silierverluste) von Wintergerste (links) und Mais (rechts) an 6 Standorten. (Wintergerste 2009 und 2010; Mais 2009, 2010 und 2011).....	63
Abbildung 31: Trockenmasseertrag (links) und Methanhektarertrag der FF04/05 (S.Gerste/ Luzernegras US- Luzernegras HNJ- Luzernegras HNJ), FF07 (Mais- Mais- Mais) und FF08 (Topinambur- Topinambur- Topinambur) am Standort Dornburg. Anlage III (2009-2011)	63
Abbildung 32: Pflanzenschutzmitteleinsatz in den Fruchtfolgen des EVA-Verbunds. Mittlerer Jahreswert für Fruchtfolgen 01-05 im Mittel aller Standorte, 2005-2012(teilweise)-, Maisfruchtfolge nur für Standorte Dornburg, Werlte und Ettlingen, dargestellt als Behandlungsindex (Freier, et al., 2010) teilweise berücksichtigt. Vereinfachend wurden die Aufwandmengen auf die aktuelle Zulassungssituation (JKI) bezogen.	65
Abbildung 33: Vergleich der Ertragsunterschiede (2009-2012) bei den Fruchtarten zwischen Minimalbodenbearbeitung und konventioneller BBodenbearbeitung.....	70
Abbildung 34: Vergleich der Erträge unterschiedlicher Fruchtfolgen bei konventioneller und minimaler Bodenbearbeitung, 1. Anlage und 3.Anlage, Standort Dornburg	71
Abbildung 35: Basalatmung von Mikroorganismen in drei Bodentiefen in verschiedenen Fruchtfolgen mit unterschiedlicher Bodenbearbeitung (P für Pflugbearbeitung, M für Minimalbodenbearbeitung), n=6, Fehlerbalken zeigen Standardabweichungen	73

Abbildung 36: Katalasezahl in den Bodentiefen 0-10 cm und 20-30 cm, in verschiedenen Fruchtfolgen mit unterschiedlicher Bodenbearbeitung (P für Pflugbearbeitung, M für Minimalbodenbearbeitung), n=6, Fehlerbalken zeigen Standardabweichungen	75
Abbildung 37: Ammonifizierungspotentiale gemessen mit der Arginin-Ammonifikation in $\mu\text{gN/gTS Boden /h}$	76
Abbildung 38: Einfluss der Intensitätsstufen auf die Trockenmasseerträge der geprüften Kulturabfolgen in Anlage III am Standort Ascha, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Intensitätsstufen einer Kulturabfolge.....	79
Abbildung 39: Einfluss der Intensitätsstufen auf die Trockenmasseerträge der geprüften Kulturabfolgen in Anlage IV am Standort Ascha, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Intensitätsstufen einer Kulturabfolge.....	80
Abbildung 40: Summierte Trockenmasse-Erträge je Kultur, Düngevariante und Standort des Kleinen Gärrestversuchs (Anl. I: Start 2009; Anl. II: Start 2010).....	82
Abbildung 41: Über alle Standorte und 3 Jahre gemittelte Trockenmasse-Erträge von Mais, Weidelgras, Wintertriticale und Sorghum bicolor je Düngevariante sowie die jeweiligen Minimal- und Maximalerträge	87
Abbildung 42: Trockenmasseerträge am Standort Gülzow in den Erntejahren 2009-2011.....	95
Abbildung 43: Trockenmasseerträge am Standort Aholting in den Erntejahren 2009-2011.....	96
Abbildung 44: Vergleich der kumulierten Erträge der jeweils ertragreichsten Mischungen auf den einzelnen Standorten. Berücksichtigt sind die Jahre 2009 bis 2011 und sowohl Grünland- als auch Ackerfuttermischungen	100
Abbildung 45: Ackerfuttermischungen: Summe der TM-Erträge der A 3, A 3 plus Rotklee sowie der jeweils besten Mischung Reg E: Luzerne, Wiesen-, Rohrschwingel, Rotklee, Dt. Weidelgras, Wiesenlieschgras	101
Abbildung 46: Grünlandmischungen: Summe der TM-Erträge der Altnarbe, G II, G II mit Klee sowie der besten Mischung	102
Abbildung 47: Ertragsleistungen von Bastardweidelgras im mehrjährigen Vergleich am humosen Sandstandort (Wehnen, 2005-2011)	103
Abbildung 48: Ertragsleistungen von Luzerne-Rotklee gras im mehrjährigen Vergleich am Standort Berge (BB)	103

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Übersicht zu den standörtlichen Kenngrößen der einzelnen Versuchsstandorte	11
Tabelle 2: Durchschnittstemperaturen und Niederschlagssummen der Quartale im Zeitraum 2008 – 2013 für die EVA-Standorte, farblich skalierte Darstellung der Abweichungen zum Mittel 2005 - 2013 des Standortes	13
Tabelle 3: geprüfte EVA-Fruchtfolgen, 1.-4.Anlage.....	15
Tabelle 4: Übersicht der Prüfmerkmale (inkl. Prüfmerkmale, die nicht in allen Prüfgliedern durchgeführt wurden.).....	17
Tabelle 5: Fruchtfolgen 04 und 05 in EVA I und II.....	25
Tabelle 6: FF-Erträge relativ zum Mittel der FF und entsprechendes Ranking über die Standorte.....	33
Tabelle 7: Mittlere Ertragswerte je Standort und Abweichung zwischen den Versuchsanlagen, ohne Abschluss-FFG W.Weizen/ W.Roggen, farbliche Skalierung Min/Max für Standorte je FF	35
Tabelle 8: Trockenmasseerträge Ganzpflanzengetreide, Mittel EVA I und EVA II	45
Tabelle 9: Erträge von W.Weizen relativ zum Mittel FF01-05 je Standort, FF01 -05, 1.-4.Anlage	53
Tabelle 10: Untersuchte Fruchtfolgen und Probennahmezeiten.....	72
Tabelle 11: Die Cmic/Corg-Verhältnisse und der metabolische Quotient im Zeitraum Herbst 2008 bis Frühjahr 2011. Dunkel hinterlegte Zahlen zeigen positive hell hinterlegte Zahlen zeigen mittlere Werte an (Einstufung nach Sommer, et al., 2002).....	74
Tabelle 12: Pilz/Bakterien-Verhältnis zwischen den Fruchtfolgen (1, 3, 4, 5) und den Bearbeitungssystemen (P, M) für Frühjahr 2009 und Herbst 2009.....	77
Tabelle 13: Intensitätsstufen.....	78
Tabelle 14: Minimum, Maximum und Mittelwert aller Nährstoffgehalte der an den sechs im EVA-Projekt beteiligten Standorten untersuchten Gärreste aus Nawaro- und Kofermentationsanlagen bis 2013	86
Tabelle 15: Versuch Vegetationszeitausnutzung (VZA) – Mais, TM-Ertrag und TM-Gehalt bei reifegerechter Ernte der Maissorten, Vergleich von drei Saatzeiten (Mittel 3 Sorten), Güterfelde 2009-11 (VZA 2)	90
Tabelle 16: Vegetationszeitausnutzung (VZA), Winterroggen Korn- und Strohertrag nach einer reifegerechten Ernte der Maissorten (Vorfrucht) und zeitversetzten Aussaat (Datum der Saatzeiten) der Nachfrucht Winterroggen, Güterfelde Ernten 2010-2012	91
Tabelle 17: Übersicht über die geprüften Varianten.....	93
Tabelle 18: Faktor Schnittregime.....	98
Tabelle 19: Erwartungswerte für Trockenmasseerträge unterschiedlicher Anbauoptionen in dt/ha (Quelle: Delphi-Befragung) in 8 Bundesländern. Orange dargestellt ist die jeweils ertragsstärkste Einzelfruchtart, gelb jeweils die Fruchtart mit der zweithöchsten Ertragserwartung, Dunkelgrün dargestellt die ertragsstärksten Varianten im Zweifruchtkultur.	106
Tabelle 20: Geschätzte und gemessene Mais Trockenmasseerträge in dt/ha in 8 Bundesländern. Differenz in Prozent bezogen auf den gemessenen Ertragswert.	106
Tabelle 21: Geschätzte und gemessene Trockenmasseerträge unterschiedlicher Energiepflanzen in dt/ha in 8 Bundesländern. Differenz in Prozent bezogen auf den gemessenen Ertragswert.....	107
Tabelle 22: Geschätzte und gemessene Trockenmasseerträge der Zweikulturnutzungen von Grünschnittroggen mit Mais oder mit Sorghum in dt/ha in 8 Bundesländern. Differenz in Prozent bezogen auf den gemessenen Ertragswert.....	107

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

BB	Brandenburg
BW	Baden-Württemberg
BY	Bayern
DON	Deoxynivalenol (Mykotoxin)
dt	Dezitonne
EF	Erstfrucht
FNR	Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. in Gülzow
FF	Fruchtfolge
FFG	Fruchtfolgeglied
GD	Gründüngung
GrGV	Satellitenversuchsreihe „Großer Gärrestversuch“
ha	Hektar
HF	Hauptfrucht
HNJ	Hauptnutzungsjahr
K	Kornertrag bei Marktfrüchten
KIGV	Satellitenversuchsreihe „Kleiner Gärrestversuch“
KTBL	Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. in Darmstadt
m ü NN	Meter über Normal-Null
max	Maximum
min	Minimum
N _{min}	Mineralischer Stickstoffgehalt des Bodens
nFK	Nutzbare Feldkapazität
PSM	Pflanzenschutzmittel
S	Strohertrag
SD	Standardabweichung (Standard Deviation)
SN	Sachsen
ST	Sachsen-Anhalt
SZwF	Sommerzwischenfrucht
S.Gerste	Sommergerste
S.Getreide	Sommergetreide
S.Roggen	Sommerroggen
S.Weizen	Sommerweizen
MV	Mecklenburg-Vorpommern
MW	Mittelwert
NI	Niedersachsen
TH	Thüringen
TM	Trockenmasse
US	Untersaat
WZwF	Winterzwischenfrucht
W.Gerste	Wintergerste
W.Getreide	Wintergetreide
W.Raps	Winterraps
W.Roggen	Winterroggen
W.Triticale	Wintertriticale
W.Weizen	Winterweizen
ZEA	Zeraleon (Mykotoxin)
ZF	Zweitfrucht

1 Präambel

Der vorliegende Bericht ist eine Zusammenfassung der Ergebnisse der deutschlandweiten Fruchtfolgeversuche sowie angegliederter Versuchsreihen des EVA- Verbundprojektes. Detaillierte Ergebnisse und Interpretationen zu den jeweiligen Untersuchungsregionen sind als Einzelberichte der beteiligten Institutionen im Anhang beigelegt. Ebenfalls angelegt sind die Berichte der fachlich weiterführenden Ansätze zum Ackerfutter- und Mischfruchtanbau sowie zur Düngung mit Gärresten und der Bestimmung von Biogasausbeuten im Hohenheimer Biogasertragstest. Sie sind Bausteine der insgesamt sechs Teilprojekte umfassenden Arbeit des Verbundprojektes EVA II. Weiterführende, zum großen Teil auf den hier dargestellten pflanzenbaulichen Versuchen aufbauende Ergebnisse finden sich in den Ausführungen der Teilprojekte 2 – 6. Diese betreffen die Untersuchung pflanzenbaulicher Fragestellungen zum Zweikulturnutzungssystem und der Produktion von Energiepflanzen unter Bedingungen der ökologischen Landwirtschaft (Teilprojekt 6), zur Bewässerung und Wasserbedarf von Energiepflanzen (Teilprojekt 5), zu Fragen der Substratqualität und Biogasausbeuten von Energiepflanzensubstraten (Teilprojekt 4), der ökonomischen Bewertung (Teilprojekt 3) und den ökologischen Fragestellungen (Teilprojekt 2). Somit werden die Ergebnisse des Verbundprojektes umfassend dargestellt.

Zusammenfassend und für das Medium aufbereitet stehen die Ergebnisse auf der verbundeigenen Homepage www.eva-verbund.de zur Verfügung.

Speziell für die Beratung der praktischen Landwirtschaft sind Ergebnisse – in Kombination mit jeweils landeseigenen Versuchsergebnissen und Empfehlungen in der FNR-Broschürenreihe „*Energiepflanzen für Biogasanlagen*“ zusammenfassend aufbereitet.

Zusätzlich sei auf die inzwischen mehr als 500 Fachvorträge, Veröffentlichungen in Zeitschriften und Tagungsbänden sowie Poster verwiesen, die in den vergangenen Jahren die Ergebnisse aus EVA I und II in Wissenschaft und Praxis nutzbar gemacht haben. Hierzu gehört z. B. auch die Unterlegung von großen Teilen der KTBL-Datensammlung Energiepflanzen (KTBL, 2012).

Speziell für die jeweils regionale landwirtschaftliche Praxis werden an fast allen Standorten jährlich Feldtage organisiert, die – in Kombination mit Vorträgen – wesentlichen Ergebnisse aus dem Projekt für Landwirte anschaulich verfügbar machen. Zudem konnte die deutschlandweite Veranstaltung „Forum Energiepflanzen“, die 2012 bereits zum dritten Mal stattfand, als Statusseminar für die Ergebnisse aller regionalen sowie thematischen Arbeitsgruppen dienen. Vorträge dieser Veranstaltung sind ebenfalls auf der Projekthomepage verfügbar.

Je nach Informationsbedarf kann der Leser die Ergebnisse der Projektarbeit als wissenschaftlichen Exkurs, Praxisratgeber oder in einer Übersichtsdarstellung wiedergegeben auswählen.

2 Einleitung

In den Jahren 2005-2009 wurden im Teilprojekt 1: „Entwicklung und Optimierung von standortangepassten Anbausystemen für Energiepflanzen im Fruchtfolgeregime“ (EVA – Phase I)¹ Fruchtfolgeversuche durchgeführt. Neben fünf einheitlichen Standardfruchtfolgen und drei bis vier regional spezifischen Fruchtfolgen wurden an den für unterschiedliche Agrarräume Deutschlands repräsentativen Standorten weitere Versuche zu Systemfragestellungen des Energiepflanzenanbaus angelegt (Nehring, et al., 2009). Seit Februar 2009 konnte das Vorhaben mit der Prüfung zwei weiterer zeitlich versetzter Rotationen der Fruchtfolgen fortgesetzt werden. Ziel war es, die Eignung von verschiedenen Kulturpflanzen im Fruchtfolgesystem für die energetische Nutzung in Biogasanlagen zu untersuchen. In dieser zweiten Projektphase erfolgte zusätzlich die Berücksichtigung eines Standortes in Sachsen-Anhalt (LLFG Bernburg), welcher im Projekt die trockenen-warmen Börde Standorte repräsentiert, sowie eines Standortes im Schleswig-Holsteinischen Hügelland (FH Kiel, zunächst als assoziierter Partner mit eingeschränktem Versuchsprogramm). Gleichzeitig wurden entsprechend der Ergebnisse aus den ersten beiden Rotationen, Anpassungen in der Konzeptionierung der Fruchtfolgen vorgenommen. Wie in der ersten Phase ergänzten weitere Versuche den Fruchtfolgeversuch. So wurden der Bodenbearbeitungsversuch (TH) und der Versuch zu Pflanzenschutz und Düngung (BY) weitergeführt. Um den Einfluss von Gärrestdüngung im Vergleich zur mineralischen Düngung auf die Ertragsentwicklung zu überprüfen, wurde die Fruchtfolge 3 mit unterschiedlichen Düngevarianten zusätzlich auf insgesamt sechs Standorten angelegt. Weiterführende Aussagen sollte die Prüfung von Proben des gesamten Fruchtfolgeversuches am Standort Dornburg auf Biogas- und Methan ausbeute mit dem Hohenheimer Biogasertragstest liefern.

Im Rahmen des Satellitenprojektes „Gärreste“ wurde an mehreren Standorten ein Düngungssteigerungsversuch („Großer Gärrestversuch“), mit dem Fokus auf der Prüfung von Auswirkungen unterschiedlicher Düngegaben auf den Ertrag von Silomais und einer weiteren, jeweils regional bedeutsamen, Kulturart, durchgeführt. Nach erfolgreicher Beendigung des Satellitenprojektes „Mischfruchtanbau“ trat ein neues Konzept zum Mischanbau von Mais und Sorghumhirsen an dessen Stelle (Standorte in BY und MV). Im Satellitenprojekt „Ackerfutter und Grünland“ erfolgte neben einem fortgesetzten Vergleich unterschiedlicher Ackerfuttermischungen und Schnitffrequenzen an den einzelnen Standorten auch ein Vergleich von Grünlandsaatmischungen (Standorte in NI, BB, MV, TH, BY).

Umfassende Ergebnisse der Versuche an den einzelnen Standorten und der unterschiedlichen Satellitenvorhaben sind als Anlagen zu diesem Bericht beigefügt.

¹ Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands.

3 Material und Methoden

3.1 Standorte und Witterung in den Versuchsjahren

Standortcharakteristik

Der Standorte der Fruchtfolgeversuch in verschiedenen Agrarräumen Deutschland, sind durch unterschiedliche natürliche Leistungspotentiale gekennzeichnet. So stellen Wasser- und potentielle Nährstoffversorgung der Böden, Durchwurzelungstiefen und Speichervermögen für pflanzenverfügbares Wasser neben den jeweiligen Witterungsverhältnissen zentrale natürliche Standortfaktoren für die Wuchsbedingungen der Pflanzen dar.

Mit Blick auf das langjährige Niederschlagsmittel sind die Standorte Werlte, Ettlingen und Ascha mit Werten von über 750 mm von den kontinentaleren Standorten abzugrenzen. Mit durchschnittlich 7,5 °C ist Ascha der kälteste und Ettlingen mit 10,2 °C der wärmste der Standorte (vgl. Tabelle 1).



Abbildung 1: Lage der Standorte des Grundversuchs sowie der Standorte der „großen“ Satellitenvorhaben

Tabelle 1: Übersicht zu den standörtlichen Kenngrößen der einzelnen Versuchsstandorte

	NI	MV	BB	SN	ST	TH	BY	BW
	Werlte	Gülzow	Güterfelde	Trossin	Bernburg	Dornburg	Ascha	Ettlingen
Bodenart(en)	Su2/Si2	Si3/Ls4	Su2/Si3/Si4	Su3/Si3	uL	Ut4/Tu3	Ls3	Ut4/Uls
Bodentyp	Humoser Sandboden	Pseudogley-Parabraunerde	Sand-Tieflehm-Fahlerde	Bänder-Parabraunerde	Löß-Schwarzerde	Humus-Parabraunerde	Braunerde	Pseudogley-Parabraunerde
Ackerzahl	40	51	29	31	90	65	47	75
Eff. Wurzelraum [cm]*	63- 68	66-100	60-76	62-70	ca. 100	110-120	77-87	88-105
Trockenrohdichte [g/cm³]*	1,55	1,1-1,7	1,7-1,75	1,65-1,75	1,3-1,4	1,4-1,5	1,5-1,8	1,5-1,65
nFK im eff. Wurzelraum [mm]	105	120	121	118	ca. 200	189 - 215	117	199
mittlerer Niederschlag [mm]	769	559	545	554	470	584	807	791
Jahresdurchschnittstemperatur [°C]	9	8,4	9,1	8,9	9,1	8,3	7,5	10,2
Bezugsperiode Niederschl./Temp.	(1961 - 1990)	(1980 - 2011)	(1996 - 2005)	(1961 - 1990)	(1961-1990)	(1961-1990)	(1971 - 2000)	(1961 - 1990)
Höhenlage [m ü NN]	32	10	43	120	80	260	460	170

Witterung in den Versuchsjahren

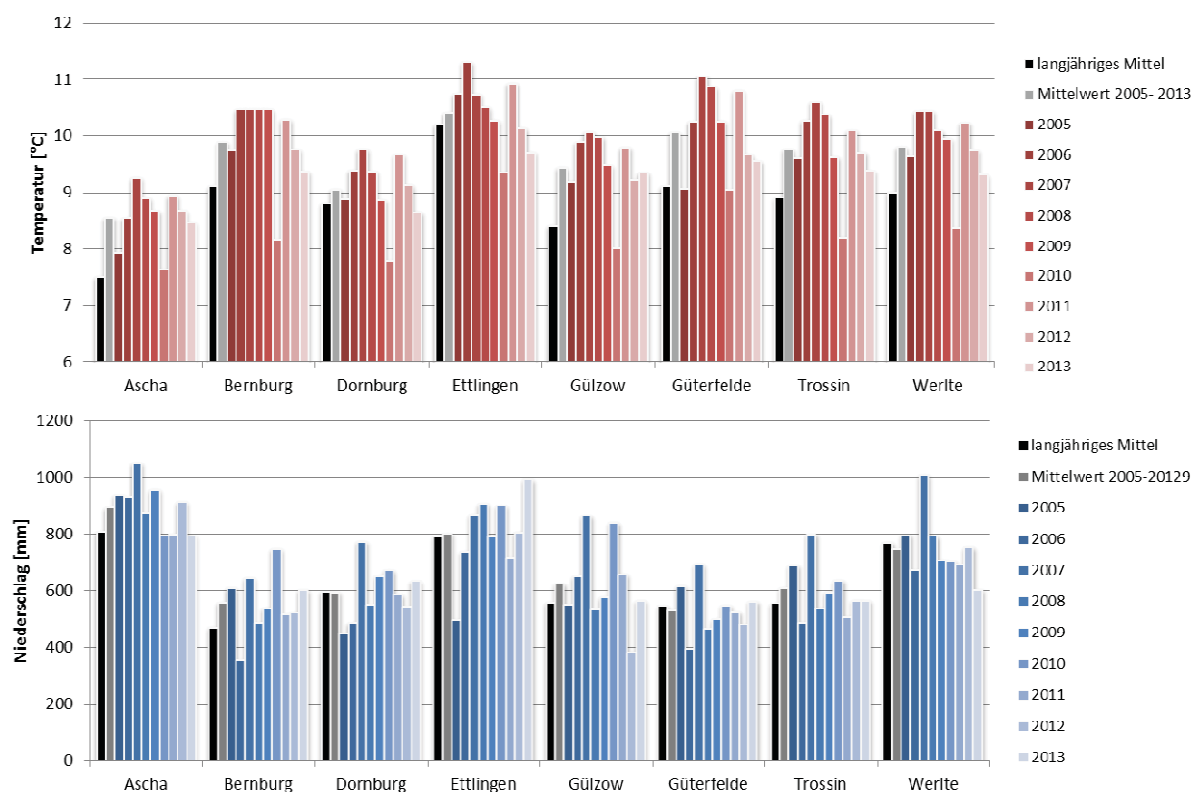


Abbildung 2: Jahresdurchschnittstemperaturen und Jahresniederschläge der EVA-Standorte 2005-2013; langjähriges Mittel entspricht 30 jährigem Mittel

Abbildung 2 zeigt die Jahreswerte (Niederschlagssummen, Durchschnittstemperatur) des gesamten EVA-Versuchszeitraumes der einzelnen Standorte im Verhältnis zum 30-jährigen Mittel und zum Mittel der Versuchsjahre. Deutlich werden die großen Spannweiten der einzelnen Werte, die die spezifischen Wuchsbedingungen der einzelnen Jahre beschreiben. Berücksichtigt man welche Auswirkung schon Witterungseinzelereignisse auf die Wuchsbedingungen der verschiedenen Kulturen haben können, wird deutlich dass die Erträge der Kulturen und Fruchtfolgen immer im Zusammenhang mit den Wachstums- und Witterungsbedingungen der Standorte und Jahre zu sehen sind. Entsprechende Wiederholungen relativieren einzelne Ergebnisse und sichern getroffene Aussagen ab. Für den beobachteten Zeitraum von 2005-2013 zeichnet sich ab, dass die Jahresdurchschnittstemperaturen im Mittel über den langjährig konstatierten Werten liegen. Trotz hoher einzeljähriger Schwankungen waren im Mittel durchschnittliche jährliche Niederschlagssummen zu verzeichnen. Hervorzuheben bleibt das Jahr 2010, hier wurden beinahe standortübergreifend unterdurchschnittliche Temperaturen in Verbindung mit überdurchschnittlichen Niederschlagssummen aufgezeichnet. Besonders hohe Temperaturen wurden am Standort Güterfelde gemessen. Auf diesem kontinental geprägten Standort lagen die Sommertemperaturen durchweg über denen des insgesamt wärmsten Standortes Ettlingen, so dass im Mittel der Beobachtungsjahre ebenfalls Werte von über 10 °C zu verzeichnen waren.

Ein Vergleich der Niederschlagsmengen im Versuchszeitraum EVA II an den einzelnen Standorten mit den jeweiligen langjährigen Bedingungen zeigt, dass an verschiedenen Standorten Jahresniederschläge deutlich unter den langjährigen Werten aufgezeichnet wurden. Diese betrafen Werlte in den Jahren 2009-2011 und 2013, den Standort Gülzow im Jahr 2012 und den Standort Ettlingen im Jahr 2011. Häufiger waren hingegen größere positive Abweichungen vor allem in den Jahren 2009 (Ascha, Dornburg und Trossin), 2010 (Dornburg, Ettlingen, Gülzow und Trossin) und 2013 (Bernburg, Dornburg, Ettlingen). Mit Blick auf die Verteilung innerhalb der Jahre herrschte vor allem in den Jahren 2010 und 2011 eine ausgeprägte Frühjahrstrockenheit, während Sommer-/ bzw. Spätsommer (2011, 2010) bzw. Herbstbedingungen (2009, 2010) vergleichsweise feucht waren. Gegenüber der ersten Projektphase waren in den Winterhalbjahren deutlich „winterlichere“ Bedingungen zu beobachten, mit insbesondere in den Wintern 2009/10 und 2010/11 teilweise erheblichen Schneemengen. Besondere Erwähnung bedürfen die winterlichen Bedingungen Anfang 2013 mit Schnee an einigen Standorten bis Mitte April und die hohen Niederschlagsmengen im Mai 2013, welcher in einigen Regionen zu erheblichen Überschwemmungen führte.

Der Vergleich von Witterungsbedingungen, Temperaturverläufen und Niederschlagsaufkommen zeigen sich charakteristische Standorteigenschaften und Bedingungen:

- insgesamt vergleichsweise feucht-kühlen Bedingungen des Vorgebirgsstandortes Ascha, mit etwas geringerer Ausprägung der kalten Bedingungen in den Frühjahrsmonaten
- maritim-ausgeglichene Bedingungen des Standortes Werlte (Sommermonate kühler, Wintermonate milder als an anderen Standorten)
- warmen Bedingungen des Standortes Ettlingen, wenngleich diese in der Projektlaufzeit insgesamt weniger stark ausgeprägt waren. Zum Jahreswechsel 2009/10 bzw. 2010/11 und den darauffolgenden Monaten zeigten sich sehr milde Winter- und Frühjahrsbedingungen.
- warmen Sommerbedingungen der kontinental geprägten Standorte Güterfelde und Trossin bei etwas geringerer Ausprägung.
- bei insgesamt ähnlicher Niederschlagsverteilung unterschiedlichen Temperaturbedingungen der Löß-Standorte Bernburg und Dornburg.

Tabelle 2: Durchschnittstemperaturen und Niederschlagssummen der Quartale im Zeitraum 2008 – 2013 für die EVA-Standorte, farblich skalierte Darstellung der Abweichungen zum Mittel 2005 - 2013 des Standortes

Durchschnittstemperaturen [°C]																																
	2008					2009					2010					2011					2012					2013						
	I	II	III	IV	Jahr	I	II	III	IV	Jahr	I	II	III	IV	Jahr	I	II	III	IV	Jahr	I	II	III	IV	Jahr	I	II	III	IV	Jahr		
Ascha	2,1	13,6	15,8	4,1	8,9	-0,7	13,9	17,3	4,1	8,7	-0,5	12,5	16,1	2,5	7,6	1,1	14,2	16,3	4,2	8,9	0,8	13,4	16,7	3,8	8,7	0,0	12,1	17,2	4,5	8,7	Ascha	
Bernburg	2,0	14,5	19,0	6,4	10,5	2,0	14,5	19,0	6,4	10,5	-0,4	12,4	17,4	3,1	8,2	2,4	15,0	17,4	6,3	10,3	2,7	13,3	17,6	5,5	9,8	-0,2	13,0	17,8	6,9	9,8	Bernburg	
Dornburg	3,9	12,9	16,0	4,6	9,4	0,3	13,1	17,1	4,9	8,9	0,1	11,9	16,6	2,5	7,8	2,2	14,3	16,7	5,4	9,7	1,6	13,1	17,0	4,9	9,1	-0,9	12,2	17,1	6,2	9,1	Dornburg	
Ettlingen	5,4	14,3	16,6	5,7	10,5	1,6	14,8	18,1	6,6	10,3	2,1	13,5	17,4	4,5	9,4	4,2	15,4	17,4	6,7	10,9	3,0	14,0	17,5	6,1	10,1	1,3	12,8	18,1	6,6	10,1	Ettlingen	
Gülzow	4,2	12,8	16,8	6,1	10,0	1,7	13,2	17,8	5,2	9,5	-0,2	11,6	17,5	3,1	8,0	1,9	14,2	16,8	6,3	9,8	2,6	12,4	16,8	5,1	9,2	0,2	12,7	17,4	7,1	9,2	Gülzow	
Güterfelde	4,9	14,8	17,7	6,1	10,9	1,7	14,9	18,8	5,6	10,3	0,5	13,6	18,8	3,3	9,0	2,6	16,1	18,1	6,4	10,8	2,5	13,7	17,5	5,0	9,7	-0,1	13,6	17,9	6,8	9,7	Güterfelde	
Trossin	4,0	14,9	17,7	5,0	10,4	1,1	14,5	17,9	4,9	9,6	-0,6	13,0	17,8	2,6	8,2	2,0	15,3	17,1	6,0	10,1	2,0	13,4	17,9	5,5	9,7	-0,5	13,4	17,8	6,8	9,7	Trossin	
Werite	4,9	13,3	16,2	5,9	10,1	2,8	13,6	16,9	6,5	9,9	1,0	11,9	16,7	3,9	8,4	3,4	14,3	16,0	7,1	10,2	3,9	12,3	16,3	6,4	9,7	0,9	11,7	16,9	7,7	9,7	Werite	
Abweichung der Temperaturen [°C] vom Mittel 2005 - 2013 je Standort; Farbliche Skalierung entsprechend der Abweichungen, rot = wärmer als Mittel, oliv = kälter als Mittel																																
Ascha	1,6	0,0	-0,6	0,2		-1,1	0,4	0,9	0,2		-1,0	-1,1	-0,3	-1,4		0,6	0,7	-0,1	0,3		0,3	-0,1	0,3	-0,1		-0,4	-1,3	0,7	0,5		Ascha	
Bernburg	0,1	0,5	0,8	0,6		0,1	0,5	0,8	0,6		-2,3	-1,6	-0,7	-2,7		0,5	1,0	-0,8	0,5		0,8	-0,7	-0,6	-0,3		-1,9	-0,9	-0,3	1,0		Bernburg	
Dornburg	2,3	-0,2	-0,7	-0,3		-1,4	0,0	0,4	0,0		-1,5	-1,2	-0,1	-2,4		0,6	1,2	0,0	0,5		-0,1	0,0	0,3	-0,1		-2,3	-0,8	0,4	1,1		Dornburg	
Ettlingen	2,0	-0,4	-1,1	-0,4		-1,8	0,1	0,3	0,4		-1,3	-1,2	-0,4	-1,7		0,8	0,7	-0,4	0,5		-0,4	-0,7	-0,2	-0,1		-1,9	-1,7	0,4	0,4		Ettlingen	
Gülzow	2,1	0,0	-0,4	0,4		-0,4	0,4	0,6	-0,5		-2,3	-1,3	0,3	-2,6		-0,2	1,3	-0,4	0,6		0,5	-0,5	-0,4	-0,6		-1,7	-0,1	0,2	1,3		Gülzow	
Güterfelde	2,6	0,4	-0,3	0,4		-0,6	0,5	0,7	-0,1		-1,8	-0,8	0,7	-2,4		0,3	1,7	0,1	0,7		0,2	-0,7	-0,6	-0,7		-2,1	-0,7	-0,1	1,0		Güterfelde	
Trossin	2,3	0,5	-0,2	-0,3		-0,6	0,1	0,0	-0,3		-2,3	-1,4	-0,1	-2,7		0,3	0,9	-0,8	0,8		0,3	-1,0	0,0	0,3		-1,9	-0,8	-0,1	1,4		Trossin	
Werite	1,6	0,2	-0,3	-0,6		-0,5	0,4	0,4	0,0		-2,3	-1,3	0,1	-2,6		0,2	1,2	-0,5	0,6		0,6	-0,8	-0,2	0,0		-2,1	-1,3	0,4	1,0		Werite	
Niederschlagssummen [mm]																																
	2008					2009					2010					2011					2012					2013						
	I	II	III	IV	Jahr	I	II	III	IV	Jahr	I	II	III	IV	Jahr	I	II	III	IV	Jahr	I	II	III	IV	Jahr	I	II	III	IV	Jahr		
Ascha	224	241	250	159	874	183	284	235	252	954	112	250	262	172	795	133	192	292	182	798	196	210	280	227	913	167	338	135	153	793	Ascha	
Bernburg	100	136	171	80	488	107	140	107	185	538	95	183	275	195	747	64	127	273	53	516	75	145	205	96	521	127	176	155	143	601	Bernburg	
Dornburg	86	176	178	108	548	87	184	173	208	652	77	140	313	142	672	49	170	293	75	586	71	172	180	119	542	90	300	120	124	634	Dornburg	
Ettlingen	197	227	213	271	907	207	184	207	192	791	140	177	331	252	900	103	152	229	231	715	114	227	170	294	806	128	353	265	246	992	Ettlingen	
Gülzow	162	99	117	156	533	99	157	137	184	577	275	123	280	161	839	74	135	342	106	658	84	76	103	121	384	113	198	125	130	565	Gülzow	
Güterfelde	122	82	152	108	465	87	134	112	166	499	105	79	215	147	547	59	79	285	102	525	97	119	159	107	482	112	167	138	145	562	Güterfelde	
Trossin	166	157	197	106	627	103	137	153	200	593	68	133	318	118	637	69	224	128	60	481	135	157	115	159	566	84	253	122	106	565	Trossin	
Werite	294	97	230	171	792	177	153	159	219	707	149	94	272	187	702	117	173	234	166	690	127	184	217	225	752	105	158	132	208	602	Werite	
Abweichung der Niederschlagssummen [mm] vom Mittel 2005 - 2013 je Standort; Farbliche Skalierung entsprechend der Abweichungen, rot = trockener als Mittel, blau = feuchter als Mittel																																
Ascha	24	-16	-7	-20		-16	26	-22	73		-88	-8	4	-7		-66	-66	34	3		-3	-48	23	48		-32	80	-122	-26		Ascha	
Bernburg	6	-15	-28	-33		12	-12	-92	72		1	31	76	82		-31	-25	74	-60		-19	-6	6	-17		32	25	-44	30		Bernburg	
Dornburg	5	-6	-37	-8		6	1	-42	93		-4	-43	98	27		-32	-13	78	-40		-10	-11	-35	4		10	117	-95	9		Dornburg	
Ettlingen	45	19	-6	48		55	-24	-12	-30		-12	-31	112	30		-49	-56	10	8		-38	19	-49	72		-24	145	46	23		Ettlingen	
Gülzow	34	-47	-96	18		-29	11	-76	46		148	-23	67	23		-54	-11	129	-32		-44	-70	-110	-17		-15	52	-88	-9		Gülzow	
Güterfelde	17	-41	-34	-9		-18	11	-74	49		0	-44	30	30		-46	-45	100	-15		-9	-4	-27	-10		7	43	-48	28		Güterfelde	
Trossin	41	9	-12	-19		-22	-12	-56	75		-57	-15	109	-7		-56	76	-81	-65		10	9	-95	34		-41	105	-87	-20		Trossin	
Werite	116	-57	14	-29		-1	-1	-56	18		-29	-59	57	-13		-61	19	19	-34		-51	30	1	25		-73	4	-84	8		Werite	

3.2 Versuchsaufbau und Versuchsdurchführung

Im Herbst 2008 wurde an den beteiligten Standorten ein Fruchtfolgeversuch (3.Anlage) mit fünf identischen Standardfruchtfolgen (01-05, Vgl. Tabelle 3) und drei bis vier regionalspezifischen Fruchtfolgen (Anhang 1b)¹ angelegt. An den bereits in der ersten Projektphase beteiligten Standorten erfolgte dies als weitere Rotation in direktem Anschluss an die geprüften Fruchtfolgen.

Inhaltlich wurden die Fruchtfolgen in ihrem Aufbau weitestgehend beibehalten. Folgende Ausnahmen sind zu erwähnen:

- Aufgrund der gewonnenen Ergebnisse aus der vorangegangenen Projektphase erfolgte eine Umstellung der Fruchtfolge 01². S.Gerste als Ganzpflanze (HF) zeigte sich in EVA I (1. & 2.Anlage) ertragsschwach, auch Ölrettich (SZF) erbrachte geringe Trockenmasseerträge bei schlechten Substrateigenschaften. Mit Sorghum als Sommerzwischenfrucht nach W.Triticale zur Ganzpflanzensilage- Nutzung wurde in den kurzen Vegetationszeiten nur in einigen Fällen erntewürdige Aufwüchse erzielt (Nehring, et al., 2009); (Heiermann, et al., 2009). Dementsprechend wurde S.Gerste als erstes Fruchtfolgeglied durch die ertragsstärkere W.Gerste ersetzt. Durch das frühere Räumen der W.Gerste kann Sorghum als gegenüber Ölrettich ertragsstärkere Fruchtart einer erneuten Prüfung bei einer früheren Etablierung unterzogen werden³. Nach Wintertriticale (GP), die als ungünstige Vorfrucht für den Winterweizen gilt, wurde als „Break Crop“ Phacelia eingefügt, deren Aufwuchs als Gründüngung auf der Fläche eingearbeitet.
- Die Fruchtfolgen 04 und 05 wurden auf der Fläche getauscht, um einen nicht praxisüblichen mehrfachen Anbau von Leguminosen-Gras-Gemengen hintereinander zu vermeiden. Aufgrund der gegebenen Standortverhältnisse wurde in Brandenburg und in Sachsen an Stelle von S.Gerste S.Roggen angebaut. Auch erfolgte der Abschluss der Fruchtfolgerotation mit W.Roggen statt mit W.Weizen.
- Regionalfruchtfolgen aus EVA I mit geringen Erträgen bzw. ohne Aussicht auf weiterführende Erkenntnisse wurden an den einzelnen Standorten durch neue Fruchtfolgen ersetzt.

Ebenfalls anknüpfend an EVA I wurde für die Ausgestaltung von Versuchsgliedern und Bewirtschaftungsmaßnahmen innerhalb des Fruchtfolgeversuchs auf bestehende Erkenntnisse und Empfehlungen innerhalb der beteiligten Regionen zurückgegriffen. So erfolgte die Sortenwahl unter Berücksichtigung der Landessortenversuche und weiterführender Untersuchungen zu den jeweiligen Fruchtarten, um eine den Produktionsbedingungen des Standortes angepasste Sorte mit hoher Produktivität zu wählen. Auch die in Fruchtfolge 05 angebauten Ackerfutmischungen wurden entsprechend regionaler Ertragserwartungen gewählt. Zur Einschätzung dienten unter anderem Erkenntnisse aus den Ackerfütterversuchen aus EVA I, die ebenfalls in EVA II fortgeführt wurden (vgl. Kap. 6.5).

Die Bestandsführung erfolgte nach den Grundsätzen der guten Fachlichen Praxis, den standörtlichen Bedingungen und dem Ertragspotential angepasst. Beispielhaft richtete sich

¹ Für Auswertungsergebnisse soll an dieser Stelle auf die Berichte der regionalen Partnerinstitutionen verwiesen werden (Anhänge 2-9)

² In EVA I: Sommergerste (GP) – Ölrettich (SZF) – Mais – Wintertriticale (GP) – Sorghum (SZF)

³ Mittleres Saatdatum aller Standorte: 20.06.2007; 25.06.2008 (EVA I) und 7.06.2009 bzw. 11.06.2010 (EVA II)

die Düngung der Fruchtarten in den Fruchtfolgeversuchen nach den Beratungsempfehlungen der jeweiligen Landeseinrichtung. Bewusst wurde somit zugunsten von praxisrelevanten Aussagen auf die Provokation von Fruchtfolgewirkungen, beispielsweise durch reduzierte Düngungen oder ein Verzicht auf Pflanzenschutzmitteln verzichtet.

Die Wahl der Versuchsanlage erfolgte entsprechend den Möglichkeiten der regionalen Versuchsansteller nach üblichen Standards im Feldversuchswesen und mit vier Wiederholungen.

Tabelle 3: geprüfte EVA-Fruchtfolgen, 1.-4.Anlage

EVA I	Fruchtfolge 01	Fruchtfolge 02	Fruchtfolge 03	Fruchtfolge 05	Fruchtfolge 04	regionale Fruchtfolgen 06-10
EVA II				Fruchtfolge 04	Fruchtfolge 05	
2005 / 2006	S.Gerste Ölrettich (StS)	Sorghum	Mais	S.Gerste Ackerfutter (US)	Hafer- Sortenmischung	
2009 / 2010	W.Gerste Sorghum (StS)			Hafer- Sortenmischung	S.Gerste Ackerfutter (US)	
2006 / 2007	Mais	Grünschnittroggen (WZwF)/ Mais (ZF)	Grünschnittroggen (WZwF)/ Sorghum (ZF)	Ackerfuttermischung (HNJ)	W.Triticale	Fruchtfolgegestaltung nach regionalen Ansätzen
2010 / 2011				W.Triticale	Ackerfuttermischung (HNJ)	
2007 / 2008	W.Triticale Sorghum (StS)	W.Triticale	W.Triticale einj. Weidelgras (StS)	Ackerfuttermischung (HNJ)	W.Raps	
2011 / 2012	W.Triticale Phacelia (StS)			W.Raps	Ackerfuttermischung (HNJ)	
Abschluss-FFG						
2008 / 2009	W. Weizen	W. Weizen	W. Weizen	W. Weizen	W. Weizen	W. Weizen
2012 / 2013						

fett = Ganzpflanzennutzung als Silage nicht fett = Marktfruchtproduktion

statt W.Weizen in Trossin (SN) und Güterfelde (BB) W.Roggen; Flächentausch der FF04 und 05 nach 1.Rotation

StS-Stoppelsaat, WZw F-Winterzwischenfrucht, ZF-Zw eiffrucht, US-Untersaat, HNJ-Hauptnutzungsjahr

Im Rahmen von weiteren angegliederten Versuchen, wurden zusätzliche Fragestellungen zu Bodenbearbeitung, zu Düngung und Pflanzenschutz, zu Erntezeitpunkten und zur Gärrestausbringung bearbeitet. Um die als besonders wichtig erachteten Themen Mischfruchtanbau, Ackerfutteranbau sowie die Düngung mit Gärresten mit deren Möglichkeiten und Auswirkungen vertiefend zu bearbeiten, kamen mehrfach verortete Versuchsreihen zur Anlage (Ergebnisse Vgl. Kap. 6 bzw. Anhänge 10-13).

3.3 Datenerhebung und Datennutzung innerhalb des Forschungsverbunds

In den Versuchen wurden umfangreiche Proben gewonnen und Daten erhoben, die die Grundlage für die interdisziplinäre Arbeit des Verbunds sind. Neben der Gewinnung pflanzenbaulicher Aussagen dienen die Versuche somit als Daten- und Untersuchungsbasis für weiterführende Aussagen zu Substratqualitäten und Biogasausbeuten (Teilprojekt 4), Aussagen zur ökonomischen Bewertung des Energiepflanzenanbaus und deren Auswirkungen auf die ackerbauliche Landnutzung (Teilprojekt 3) und Aussagen zu ökologischen Folgewirkungen des Anbaus (Teilprojekt 2).

Im Mittelpunkt standen die detaillierte Erfassung von Erträgen und zugehörigen Trockensubstanzgehalten, umfangreiche Inhaltsstoffanalysen der Erntegüter sowie die Erstellung von Silageproben, die unter anderem mit Hilfe von Batch-Analysen in Teilprojekt 4 Aussagen zur Eignung als Biogassubstrat liefern konnten.

Ebenfalls dienten Inhaltsstoffanalysen neben der Ermittlung der Nährstoffentzüge und der Düngebedarfsermittlung für die Kulturpflanzen, auch dazu Nährstoff- und Humusbilanzen anzufertigen. Bodenuntersuchungen und -analysen nach zeitlichen Vorgaben dienten der Planung einer standortangepassten und entzugsorientierten Düngung und der Modellierung und Einschätzung ökologisch relevanter Stoffkreisläufe. Probenahmen und Analysen erfolgten nach den Maßgaben von VDLUFA-Standards oder vergleichbarer Methoden.

Zusätzlich erfolgte eine Aufzeichnung der Bewirtschaftungsmaßnahmen und Faktoraufwendungen sowie eine detaillierte Erfassung der Wetterdaten. Bonituren der Bestände weitestgehend nach den Maßgaben der für die Sortenprüfung vorgeschriebenen Verfahren nach BSA-Richtlinie (Bundessortenamt, 2000) und die Erfassung weiterer Bestandesmerkmale machen eine Vielzahl von Aussagen, so auch über Auswirkungen der Anbausysteme auf die agrarräumlichen Biozöten möglich.

Zusammengenommen ist auf diese Weise eine umfassende acker- und pflanzenbauliche Interpretation möglich. Auch können – mit Blick auf die abzuleitende Relevanz für die Praxis – ökonomische Kenngrößen, d. h. eine Einschätzung von Kosten und Leistungen der unterschiedlichen Produktionsverfahren im Fruchtfolgekontext erfolgen.

Im Rahmen der weiterführenden Modellierungen bilden die erfassten Daten die Basis für Energie- und Klimagasbilanzierungen und für verschiedene Modellierungen hinsichtlich ökologischer Kenngrößen und für Aussagen über mögliche Auswirkungen des Energiepflanzenanbaus auf die Agrarlandschaft..

Die angewandten Methoden können aus dem Methodenhandbuch unter www.eva-verbund.de/intern entnommen werden. Tabelle 4 gibt einen Überblick über die Prüfmerkmale im Versuch.

Die im vorliegenden Bericht vorgenommenen statistischen Auswertungen wurden mit dem Programmpaket „SPSS“ durchgeführt; wenn nicht anders angegeben wurde ein Signifikanzniveau für die Aussagen von $\alpha = 0,05$ angenommen.

Tabelle 4: Übersicht der Prüfmerkmale (inkl. Prüfmerkmale, die nicht in allen Prüfgliedern durchgeführt wurden.)

→ **Erfassung der Wetterdaten**

→ **Bodenuntersuchungen**

N_{\min} , S_{\min} , P, K, Mg
Bodentiefen: 0-30 cm, 30-60 cm, 60-90 cm
Zeitpunkte: Vegetationsbeginn, Ernte, Vegetations-
ende

→ **Bestandesstruktur**

Aufgang
Bestandesdichte
Bodenbedeckung
Bestandeshöhe
Unkrautbesatz
Lagerneigung, Mängelbonituren, Krankheiten
und Schädlinge

→ **Abiotische Folgewirkungen**

Biomasseschnitte und N-Gehalte
der Grünschnitte,
 N_{\min} und Bodenwassergehalt auf Flächen der
Grünschnitte

→ **Analyse Erntegut** (in Abhängigkeit vom Standort)

Erträge
Elementaranalyse (CNPS)
Rohasche
Gesamtzucker/Stärke
NfE
Rohfaser
Rohprotein
Rohfett
Trockensubstanz
ADF, NDF, ADL
Mineral-, Mikronährstoffe
Brennwert, Heizwert
Silierversuche und Gärtests (ATB)

→ **Ökonomische Bewertung** (Universität Gießen)

Arbeitsgänge und Betriebsmittel
Fruchtarten

4 Ergebnisse des Fruchtfolgeversuchs

Im folgenden Kapitel werden die Ertragsergebnisse des Fruchtfolgeversuchs dargestellt. Da die Versuche direkt auf den Arbeiten der Jahre 2005-2008 aufbauen, sind die Rotationen *beider* Projektphasen in den Diagrammen berücksichtigt (EVA I: 1.-2.Anlage , EVA II: 3.-4.Anlage, Kap. 4.1-4.3). Tabellarische Übersichten sind im Anhang aufgeführt. Eine Auswertung der Ergebnisse des Abschlussfruchtfolgegliedes Winterweizen erfolgt in Kapitel 5.3.1. Detaillierte Ergebnisse der regionalen Versuchsansteller, inklusive der Ergebnisse der Regionalf Fruchtfolgen werden in den Anhängen 2 bis 9 berichtet.

Standortübergreifende und weiterführende pflanzenbauliche Auswertungen zum Fruchtfolgeversuch werden in Kapitel 5 beschrieben. Darüber ist auf die Aussagen der ökonomischen und ökologischen Begleitforschung zu verweisen, die im Rahmen der Standortberichte (Anhang 2 bis 9) zusätzlich interpretiert werden.

4.1 Fruchtfolge 01: W.Gerste/ Sorghum (SZwF) – Mais – W.Triticale/ Phacelia (SZwF)

Nach Umstellung der Fruchtfolge⁴ zeigte sich der Anbau der Kombination W.Gerste – Sorghum (SZwF) sowohl im Versuchsjahr 2009 als auch im Versuchsjahr 2010 mit im Mittel über die Standorte 202,1 bzw. 172,3 dt TM/ha als produktiv. So konnte die W.Gerste in beiden Jahren im Mittel der Standorte über 100 dt TM/ha erzielen, wobei die ostdeutschen Löß-Standorte Bernburg und Dornburg und der Standort Lindenhof Spitzenwerte von über 130 dt TM/ha im Mittel der Versuchsjahre zeigten. Der an vielen Standorten ansprechende Ertrag der Kombination ist aus einer ausreichenden Masseleistung des spät gesäten Sorghum zu erklären, welches im Mittel mit 100,3 dt TM/ha (3.Anlage) bzw. 72,1 dt TM/ha (4.Anlage) einen entscheidenden Teil zu den Jahreserträgen beisteuern konnte. Risiken durch die Spätsaat waren zwar immer noch hoch, allerdings konnte die gegenüber Sorghum nach W.Triticale um durchschnittlich 14 Tage frühere Etablierung eine derartige Massebildung begünstigen. Hohe Erträge ergaben sich in den beiden Versuchsjahren insbesondere an den süddeutschen Standorten Ascha und Ettlingen (130,9 dt TM/ha bzw. 142,1 dt TM/ha). Ausreichende Trockensubstanzgehalte für eine verlustfreie Silierung konnten aber an keinem der Standorte erreicht werden (vgl. Kap. 5.1.3, S. 43). Am nördlichsten der Standorte, Lindenhof waren in der 4.Anlage Etablierungsprobleme zu beobachten, die in der Notwendigkeit eines Umbruchs der Versuchspartzen resultierten.

⁴ Fruchtfolge 01 in EVA I: S.Gerste (GP) / Ölrettich (SZwF) – Mais – W.Triticale (GP) / Sorghum (SZwF) – W.Weizen, vgl. Kap. 3.2

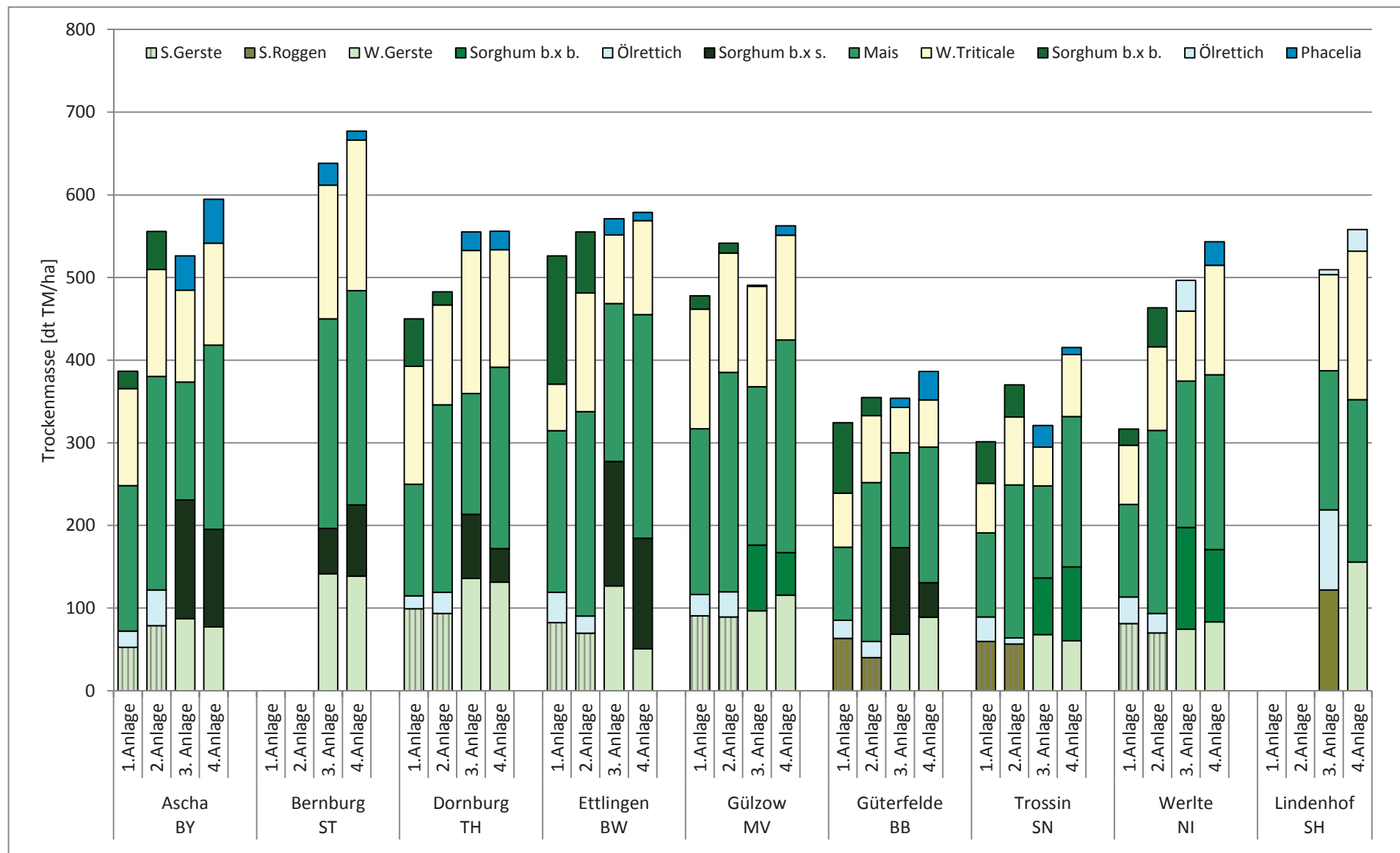


Abbildung 3: kumulierte Trockenmasseerträge Fruchtfolge 01, 1.-4. Anlage; ohne Abschluss-FFG

Erwartungsgemäß knüpfte Mais in der Fruchtfolge an die hohen Erträge Ergebnisse der ersten beiden Rotationen an, wobei insbesondere die Standorte Bernburg, Ettlingen (4.Anlage) und Gülzow (4.Anlage) mit Spitzenerträgen von über 250 dt TM/ha hervorstachen, während die Standorte Dornburg, Trossin und Güterfelde im Mittel beider Anlagen lediglich 140 dt TM/ ha aufwiesen.

Die Ernte von Triticale in den Jahren 2011 und 2012 bestätigten die Vorzüglichkeit der Standorte Bernburg, Dornburg und Lindenhof für den Anbau von Wintergetreide, während Trossin, Güterfelde und auch Ettlingen (3.Anlage) an die vergleichsweise geringen Erträge von EVA I anknüpften.

Wenn auch durch die unterschiedlichen Jahresbedingungen nicht vollständig belastbar, so zeigt sich doch, dass die Umstellung der Fruchtfolgen an allen Standorten einen günstigen Effekt hatte. Insgesamt konnten die Erträge durch eine – gegenüber Sorghum nach W.Triticale GP – längere Vegetationszeit dieser Sommerzwischenfrucht gesichert und durch die Einbindung der Winterform der Gerste zumindest an einigen Standorten höhere Erträge erzielt werden.

Die Ergebnisse der Fruchtfolge zeigen in den in EVA II geprüften Rotationen, dass es Standorte gibt, die im Mittel über 500 dt TM/ha mit dieser Fruchtfolge erreichen können. Dabei fällt auf, dass es große Unterschiede in den Beiträgen einzelner Fruchtfolgeglieder zum Gesamtertrag gibt. Während an den Standorten Dornburg und Lindenhof C₃- und C₄-Pflanzen überdurchschnittliche Erträge erzielen, sind es an den Standorten Ascha, Ettlingen und Werlte insbesondere die C₄-Pflanzen Mais und Sorghum. Anknüpfend daran sticht Bernburg aufgrund der überdurchschnittlichen Werte für beide Fruchtartengruppen und die bekanntermaßen als „benachteiligt“ zu charakterisierenden Standorte Trossin und Güterfelde aufgrund ihrer unterdurchschnittlichen Werte heraus.

Zusammenfassend:

- Die Umstellung der Fruchtfolge führte im Mittel der Standorte zu höheren Erträgen.
 - Grund 1: Wintergerste ist gegenüber der Sommerform (EVA I) zu bevorzugen
 - Grund 2: Das frühere Räumen der W.Gerste ermöglicht längere Vegetationsdauern mit sichereren und höheren Erträgen im nachfolgenden Sorghum
- Ertragsleistungsträger an den Standorten Lindenhof und Dornburg waren vor allem Getreide zur Ganzpflanzensilagenutzung (W.Gerste und W.Triticale), während die süddeutschen Standorte insbesondere durch höhere C₄-Pflanzenerträge (Mais und Sorghum) hervorstachen.
- In Bernburg wird durch die Standortverhältnisse ein insgesamt höheres Ertragsniveau erreicht, während standortbedingt Trossin und Güterfelde nur geringe Ertragsniveaus, auffällig v.a. bei Ganzpflanzenge treide, erzielten.

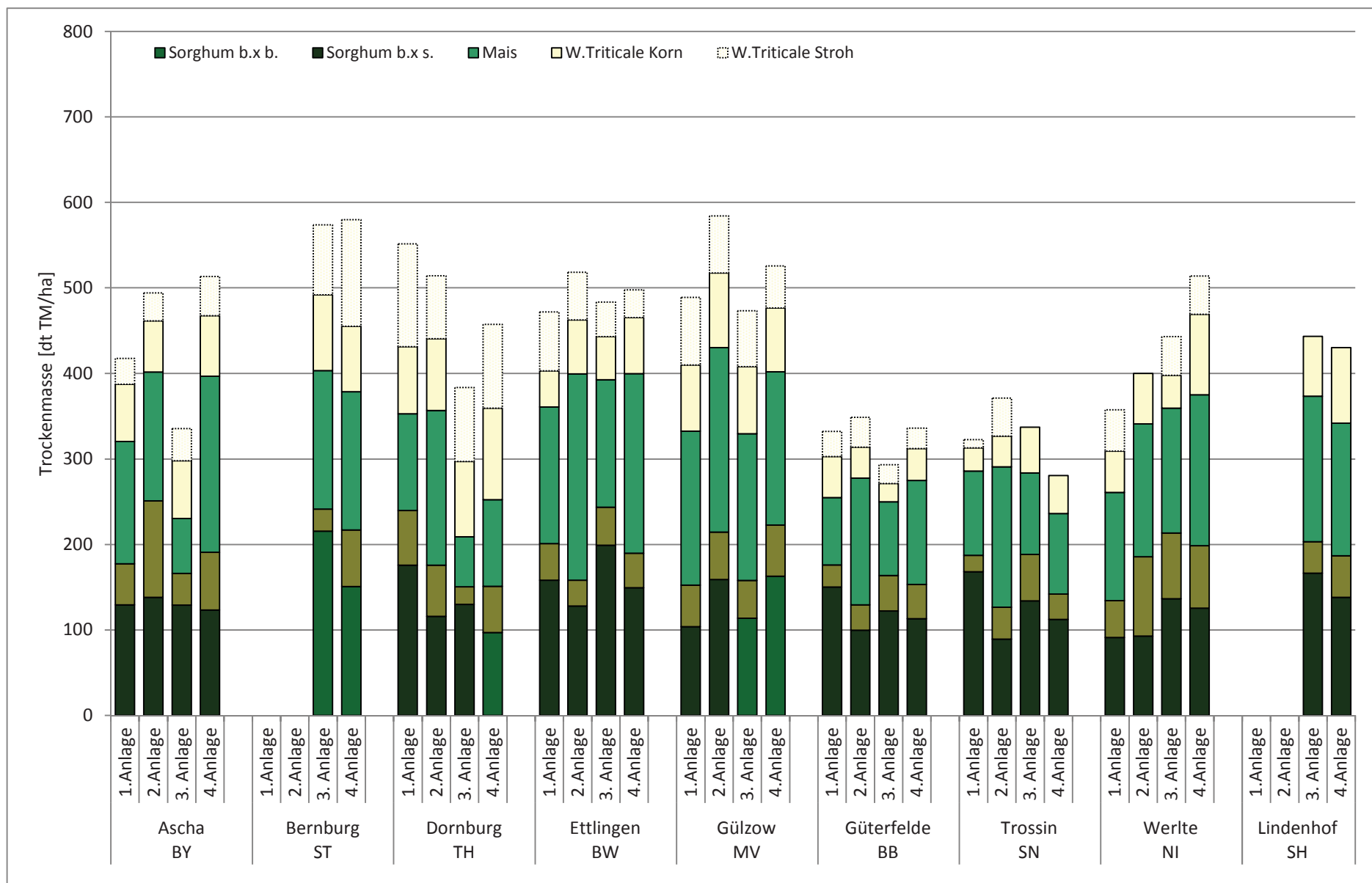


Abbildung 4: kumulierte Trockenmasseerträge Fruchtfolge 02, 1.-4. Anlage; ohne Abschluss-FFG

4.2 Fruchtfolge 02: Sorghum – Grünschnittroggen (WZwF) / Mais (ZF) – W.Triticale (Korn)

Anders als Fruchtfolge 01 konnte auch mit dieser Fruchtfolge nur am Standort Werlte gegenüber der Projektphase EVA I ein deutlicher Mehrertrag erzielt werden. Dieser basierte auf besseren Sorghum- und Grünroggenerträgen gegenüber EVA I. Dies war durch die angepasste Sortenwahl und einen veränderten Erntetermin des Grünroggens möglich. Die höchsten Sorghumerträge erzielten erwartungsgemäß die begünstigten Standorte Ettlingen und Bernburg (MW 174 dt TM/ha bzw. 183 dt TM/ha), erstaunlicherweise konnte auch der nördlichste Standort Lindenhof (SH) hohe Erträge vom im Mittel der Anlagen 152,1 dt TM erzielen. Die Mittelwerte der Sorghumerträge beider Versuchsanlagen von EVA II liegen an allen anderen Standorten zwischen 113,3 dt TM/ha (Dornburg) und 134,7 dt TM (Gülzow). Auf den Standorten Güterfelde (BB) und Trossin (SN) mit geringerem Ertragsniveau zeichnet sich eine relative Vorzüglichkeit dieser Fruchtart ab.

Mit der Kombination Grünschnittroggen / Mais wurden an den Standorten Dornburg und Ascha geringe Erträge erzielt. In 3.Anlage (2009/10) lagen die entsprechenden Erträge für W.Roggen in Ascha bei nur 37,4 dt TM/ha, in Dornburg bei 20,4 dt TM/ha. Auch in Bernburg standen nur 26 dt TM/ha zur Ernte. Starke Niederschläge einhergehend mit extremen Vernässungen der Flächen erschwerten eine ausreichende Vor-Winterentwicklung. Die Maisergebnisse 2010 in Dornburg und Ascha (58,5 dt TM/ha¹ bzw. 80,7 dt TM/ha) verdeutlichen das erhöhte Risiko starker Ertragseinbußen bei ungünstigen Etablierungsbedingungen von Zweitfrüchten. Andere Standorte (z.B. Gülzow, Lindenhof und Bernburg) konnten hingegen ansprechende Zweitfruchterträge von über 160 dt TM/ha erzielen. Bei einer Betrachtung aller 4 Anlagen lässt sich die hohe Variation der Erträge von Grünschnittroggen und Zweitfruchtmais (32,5% und 22%) herausstellen. Einschränkend ist anzumerken, dass diese auch durch variierende Ernte- und Saatzeitpunkte bedingt sind (siehe auch Kapitel 5.1.3 zur vertieften Auswertung). W.Triticale konnte erwartungsgemäß an den Standorten Bernburg und Dornburg, aber auch Lindenhof und Gülzow sehr gute Kornerträge erzielen, diese lagen in Güterfelde hingegen deutlich unter den Ertragserwartungen.

Zusammenfassend:

- Ertragsniveaus der Fruchtfolge 02 in EVA II, 3.-4.Anlage waren mit EVA I 1.-2.Anlage vergleichbar.
- Sorghum b.x b. und Sorghum b.x s. konnten auch an den Standorten mit geringerem Ertragsniveau (FisBoBGR) vergleichsweise hohe Erträge erzielen. Die Sorghum-Erträge auf den ostdeutschen Diluvial- Standorten sind mit Standorten höherem Ertragspotentials vergleichbar, während andere Fruchtarten deutlich schlechter abschneiden.

¹ In Dornburg zusätzlich durch eine starke Verunkrautung der Fläche belastet.

4.2.1 Fruchtfolge 03: Mais – W.Roggen (WZwF) / Sorghum (ZF) – W.Triticale / Einj. Weidelgras (SZwF)

Bei den Ergebnissen der Fruchtfolge 03 zeigen sich die stabilen und hohen Erträge, die standortübergreifend sowohl mit Mais als auch mit dieser Fruchtfolge insgesamt erzielt werden können.

So konnte Mais im Jahr 2009 sehr gute (zwischen 145 dt TM/ha in Trossin und 232 dt TM/ha in Ettlingen) und im Jahr 2010 mäßige (104 dt TM/ha in Trossin) bis sehr gute Erträge (227,3 dt TM/ha in Bernburg) erzielen. Im Zweikultursystem Grünschnittroggen (WZwF) / Sorghum (ZF) zeichneten sich stark variierende Erträge ab. Der Standort Werlte erstaunte mit einer im Jahr 2010 herausragenden Kombination von Grünroggen und Sorghum (256,1 dt TM/ha), während andernorts nur geringe Sorghumerträge erzielt wurden. In Dornburg konnten nach späten Aussaaten und gehemmter Jugendentwicklungen bedingt durch anschließende Trockenphasen einhergehend mit hohem Unkrautdruck nur geringe Erträge bei schlechten Trockensubstanzgehalten erzielt werden.

Stabile W.Triticale-Ganzpflanzen-Erträge glichen am Standort Dornburg geringe Erträge des vorausgegangenen Sorghum wieder aus. Die auf den besseren ostdeutschen Standorten gemessene hohe Stabilität der Getreideganzpflanzen-Erträge war in der Betrachtung aller vier Anlagen jedoch kein deutschlandweites Phänomen. Hohe Schwankungen waren vor allem am Standort Ettlingen zu beobachten (Variation von 53,6 %), bei dem eine verzögerte Aussaat nach Sorghum und eine zu frühe Ernte in der ersten Anlage zu niedrigen Erträgen führte.² Innerhalb dieser Fruchtfolge und über alle Standorte betrachtet wies somit Mais eine höhere Ertragsstabilität als das Wintergetreide aufweisen (Variation Mittel 16,9% Mais vs. 23,9% bei W.Triticale – GP). Mit der Sommerzwischenfrucht Einjähriges Weidelgras konnten in EVA II nur unter günstigen Bedingungen (Werlte, 2010/11; Ascha, 2011; Ettlingen, 2011) Erträge von über 40 dt TM/ha erzielt werden.

Insgesamt ist die bereits im Zusammenhang mit Fruchtfolge 01 beobachtete Tendenz zur Reduktion von Ertragsvariationen durch eine vielfältigere Gestaltung zu konstatieren. So zeigt sich, dass bei Betrachtung der Gesamterträge der Fruchtfolgen Variationen von nur 7,8 % zu beobachten sind; ein Wert, der unter den mittleren beobachteten Werten aller einzelnen Elemente der Fruchtfolge liegt.

Zusammenfassend:

- Mit einer mittleren Ertragsvariation von 7,8 % zwischen den Rotationen ist die Fruchtfolge 03 die ertragsstabilste der übergreifend geprüften Fruchtfolgen.
- Diese Variation liegt an fast allen Standorten deutlich unterhalb der Variation der einzelnen Einzelelemente der Fruchtfolge.
- Auch in dieser Fruchtfolge zeigen sich die nur geringen Ertragsleistungen des Sommerzwischenfruchtanbaus und Risiken von Zweifruchtkombinationen.

² Siehe auch vertiefte Auswertung in Kap. 5.1.3

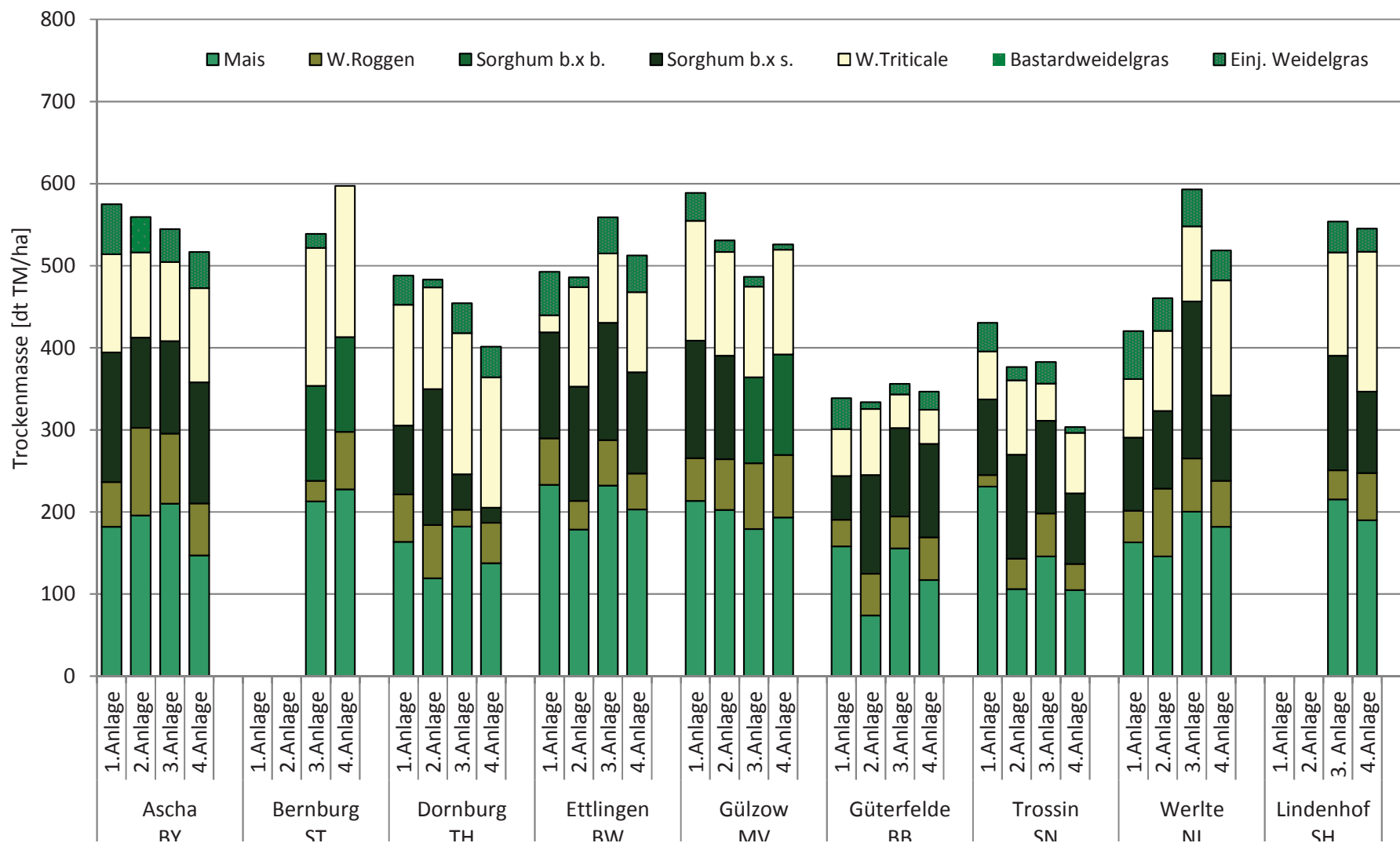


Abbildung 5: kumulierte Trockenmasseerträge Fruchtfolge 03, 1.-4.Anlage; ohne Abschluss-FFG

4.2.2 Fruchtfolge 05/04: Hafersortenmischung – W.Triticale (GP) – W.Raps (Korn)

Die in EVA II geprüften Anlagen (3.Anlage Beginn 2009, 4.Anlage Beginn 2010) dieser Fruchtfolge werden auf den Parzellen der Folge S.Gerste/ Ackerfutter – Ackerfutter – Ackerfutter – W.Weizen (EVA I, FF04) angelegt und umgekehrt¹. Durch den Flächentausch ergibt sich in beiden Fällen eine insgesamt 8-jährige Rotation. Ein erneuter Anbau von Ackerfuttermischungen mit nur zweijähriger Anbaupause hätte als „Luxusvariante“ nur wenig praxisrelevante Versuchsergebnisse erwarten lassen. Zudem sind nach Klee- und Luzerneanbau Anbaupausen aufgrund Gefahr der Anreicherung spezifischer Krankheiten und der Schädlinge angebracht.

Tabelle 5: Fruchtfolgen 04 und 05 in EVA I und II

	EVA I (2005-2008 / 2006-2009)	EVA II (2009-2012 / 2010-2013)
Fruchtfolge 04	S. Gerste – Ackerfutter (2 HNJ) – W. Weizen	Hafer – W.Triticale – W.Raps – W. Weizen
Fruchtfolge 05	Hafer – W.Triticale – W.Raps – W. Weizen	S. Gerste – Ackerfutter (2 HNJ) – W.Weizen

Mit Hilfe des so durchgeführten Wechsels lassen sich vielmehr Anhaltspunkte ableiten, inwiefern in der Getreide-Fruchtfolge *nach* Ackerfutter gegenüber der Getreide- Fruchtfolge *vor* Ackerfutter andere Bedingungen durch die Mineralisierung der stickstoffreichen Wurzelrückstände von Klee und Luzerne herrschten („Grünbruch“). Im Folgenden wird als Vergleichsbasis die in EVA I geprüfte Fruchtfolge 05 aufgeführt.

Insgesamt war die Fruchtfolge erneut deutlich weniger ertragreich als die anderen standortübergreifend geprüften Fruchtfolgen. So lagen die kumulierten Erträge im Mittel der 3.Anlage bei 244 dt TM/ha und im Mittel der 4.Anlage bei 220 dt TM/ha. Dies entspricht einem Wert von weniger als 50% der Gesamtproduktivität der geprüften Fruchtfolgen 01 und 03. Einschränkung ist anzumerken, dass mit Raps (Kornnutzung) ein anderes Nutzungsziel mit unterschiedlichen Anforderungen an Massebildungspotentiale zu bewerten ist. Versuchsbedingte Probleme an verschiedenen Standorten lassen nur eine bedingte Berücksichtigung der W.Raps-Erträge zu.² Ursächlich für die geringen Erträge der Fruchtfolge ist jedoch auch die anhand der Ergebnisse sichtbare, geringe Produktivität der Hafersortenmischung. So konnte einzig am Standort Dornburg ein ansprechender Ertrag mit der Hafersortenmischung erzielt werden (3.Anlage: 155,7 dt TM/ha, 4.Anlage: 136,7 dt TM/ha). Weitere Werte über 100 dt TM/ha zeigten sich nur noch an den Standorten mit höheren Ertragspotential Ettlingen (3.Anlage: 137,0 dt TM/ha) und Bernburg (3.Anlage: 103,5 dt TM/ha; 4.Anlage: 110,0 dt TM/ha).

Gegenüber der Abfolge Hafersortenmischung – W.Raps in EVA I konnten im Mittel der Standorte keine höheren Erträge erzielt werden. Einzig die Dornburger Ergebnisse lassen anhand der vergleichsweise guten Hafererträge eine positive Nachwirkung des Anbaus von Luzerne vermuten. In Zusammenhang mit der Auswertung der Bodenproben (siehe Kap. 5.3.5) lässt sich – über die Standorte betrachtet – jedoch kein belastbarer Effekt des Ackerfütterumbruchs ableiten.

¹ Standortspezifisch entweder Klee- oder Luzernegrass gefolgt von Winterweizen.

² Neben Auswinterungsproblemen (z. B. Werlte), die versuchsbedingt immer noch eine Wertung zulassen, betrifft dies auch starken Vogelfraß, z. B. in Ascha, deren Werte nur eingeschränkt zu berücksichtigen sind.

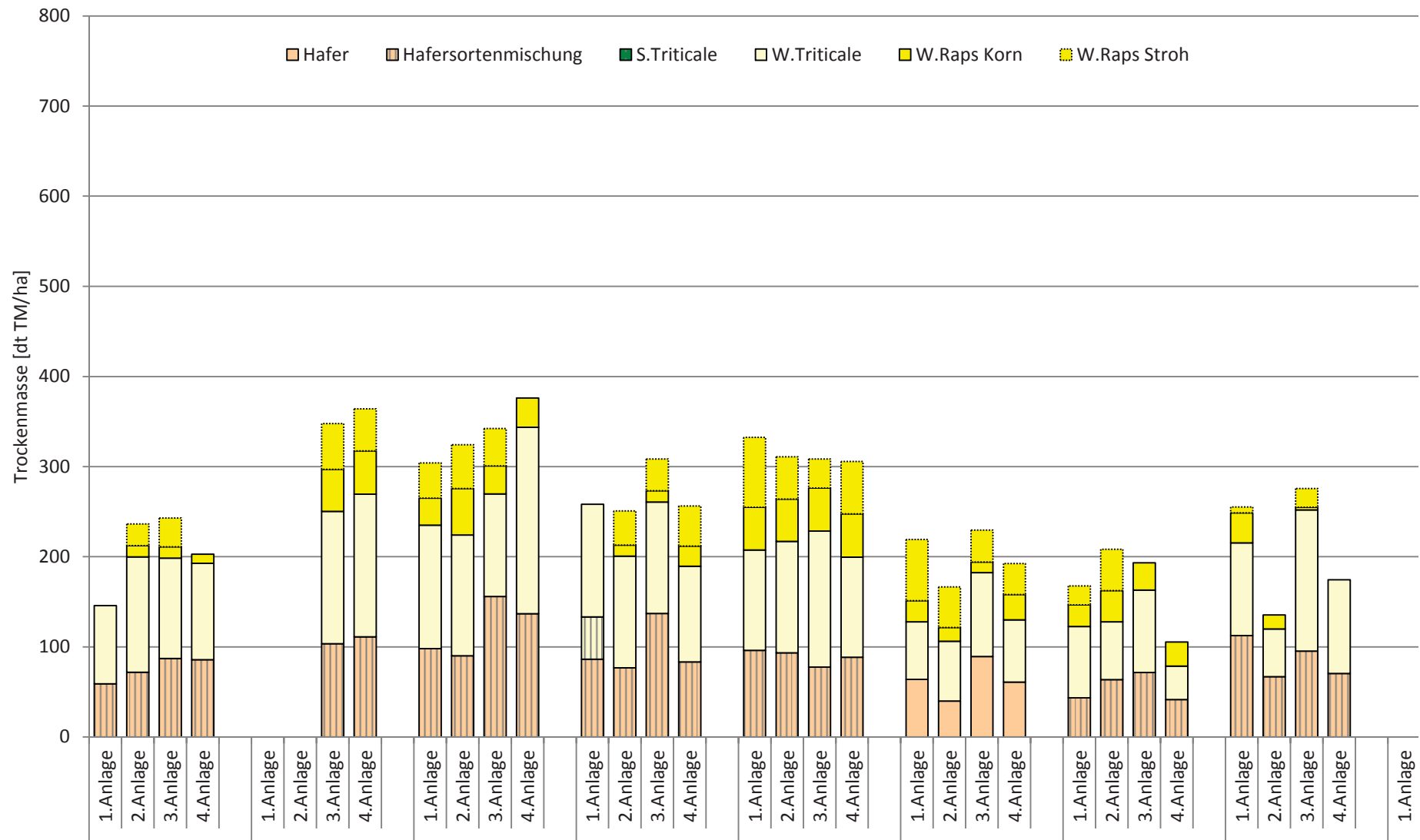


Abbildung 6: kumulierte Trockenmasseerträge Fruchtfolge 05/04, 1.-4.Anlage; ohne Abschluss-FFG

Zusammenfassend:

- Auch im Rahmen der Projektphase EVA II konnte Hafer als Ganzpflanze (wie auch andere Sommergetreidearten) nur in Einzelfällen gute Resultate erzielen.
- Fruchtfolgen, ohne C₄-Pflanzen waren standortübergreifend weniger produktiv.
- Verzögerte Effekte auf den Ertrag der Fruchtfolge, die aufgrund des „Grünbruchs“, d. h. eines vorausgegangenen Umbruchs des mehrjährigen Ackerfutters (EVA I) erwartet wurden, lassen sich nicht deutlich herausstellen.

4.3 Fruchtfolge 04/05:S.-Gerste – mehrjährige Ackerfuttermischungen

Im Anschluss an die Rotation Hafer – W.Triticale – W.Raps – W. Weizen mit schwerpunktmäßigem Anbau von Getreide erfolgte im Rahmen von EVA II ein Anbau von mehrjährigem Ackerfutter mit Etablierung als Untersaat in S.Gerste (Vgl. Tabelle 5). An den unterschiedlichen Standorten kamen jeweils unterschiedliche Mischungen zum Einsatz. Diese Mischungen von Leguminosen und Gräsern sollten standortangepasst gewählt werden.¹

Wie im vorausgegangenen Kapitel werden die Ergebnisse im Folgenden in einen Zusammenhang mit den Ergebnissen des Ackerfutterbaus aus den Rotationen in EVA I gestellt (vgl. Abbildung 6).

Insgesamt zeigte der Ackerfutterbau in EVA II im Mittel der Standorte gegenüber EVA I vergleichbare Erträge. Im Mittel der Standorte (2010/2011 bzw. 2011/2012) lagen die Erträge der Hauptnutzungsjahre mit 119 dt TM/ha über den in EVA I gemessenen Werten von 110 dt TM/ha (2006/2007 bzw. 2007/2008). Hervorstechend war der Standort Dornburg, der durch sehr hohe Erträge von ca. 200 dt TM/ha in den Jahren 2010 und 2011 und 141,8 dt TM/ha im Jahr 2012 überzeugen konnte. Die kumulierten Erträge der Fruchtfolge waren an fast allen Standorten gegenüber den C₃/C₄-Pflanzenfruchtfolgen geringer. Mit Ausnahme von Gülzow lagen die Erträge von S.Gerste als Deckfrucht für die Ackerfutteruntersaaten an allen Standorten unter dem Ertrag der Ackerfutter-HNJ. Die Vorgebirgs- und maritim geprägten Standorte, blieben hinter den Ertragserwartungen zurück. Eine Interpretation im Zusammenhang mit den Ergebnissen aus dem Satellitenprojekt „Ackerfuttermischungen“ (vgl. Kap. 6.5 und Anhang 13) sowie den anzunehmenden ökologischen Vorzügen von Ackerfutter (TP2, vgl. Glemnitz, et al., 2013) ist zur Einordnung dieser Ergebnisse notwendig. Aus Sicht einer optimalen Fruchtfolgegestaltung sollte dabei insbesondere eine effiziente Etablierung im Mittelpunkt stehen. Einerseits betrifft dies eine Verringerung des Ausfallrisikos (in 47 % der in EVA I und II geprüften Fälle gelang eine Etablierung unter Deckfrucht nicht, so dass eine Nachsaat oder Blanksaat erfolgen musste). Andererseits gilt es, wenn möglich eine Etablierung in solchen Vorfrüchten zu wählen, die selbst eine hohe Leistungsfähigkeit aufweisen.

Zusammenfassend:

- Der Anbau des mehrjährigen Ackerfutters konnte -außer in Dornburg- keine zufriedenstellenden Ergebnisse erzielen.

¹ Zur Prüfung unterschiedlicher Mischungen sei auf den Projektteil „Ackerfuttermischungen“ verwiesen, dessen Ergebnisse in Kapitel 6.5 bzw. Anlage 13 dargestellt sind.

- Eine weiterführende Betrachtung im Zusammenhang mit den Ergebnissen des Ackerfütterversuches und der ökologischen Bewertung zeigt jedoch Leistungspotenzial und Effekte, die aus den besonderen Eigenschaften des Ackerfutters (Mehrjährigkeit und ganzjährige Bodenbedeckung, symbiotische Stickstoffbindung, Habitategnung) zu erklären sind.
- Eine weiterführende Bearbeitung unter besonderer Konzentration auf den Schwachpunkt einer effizienten Etablierung scheint daher angebracht.

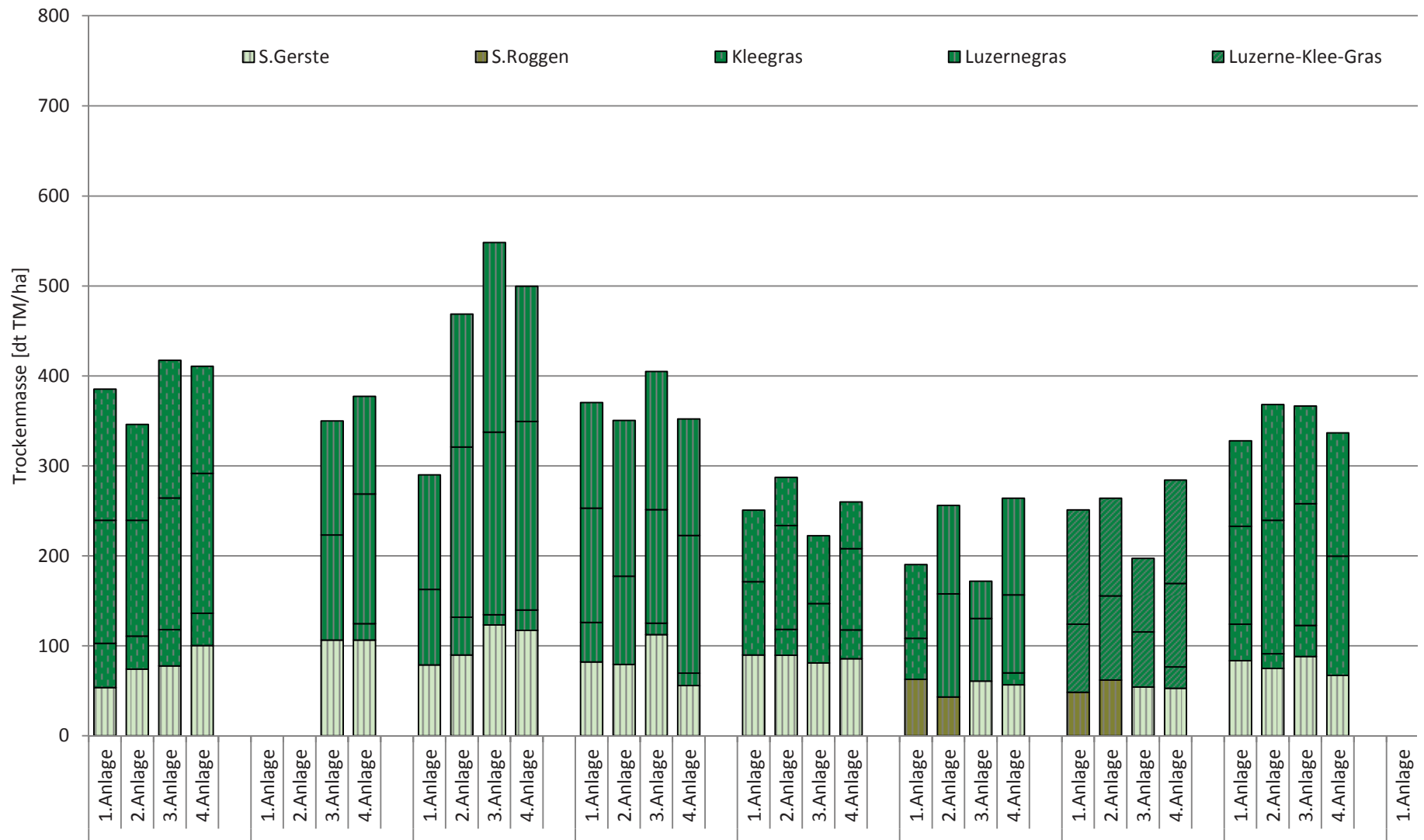


Abbildung 7: kumulierte Trockenmasseerträge Fruchtfolge 04/05, 1.-4.Anlage; ohne Abschluss-FFG

4.4 Zusammenfassender Vergleich der Fruchtfolgen an den Standorten

Wie in den vorangegangenen Kapiteln ersichtlich, zeigten die Fruchtfolgen hinsichtlich Ihrer Ertragsleistung im Rahmen der Versuche von EVA I und EVA II unterschiedliche Ergebnisse. In den Versuchsanlagen von EVA II konnte im Mittel aller Standorte die Fruchtfolge 01 die höchsten Erträge erzielen. Diese waren in etwa doppelt so hoch wie die Erträge der), ertragsschwachen FF05/04 (abweichende Ausrichtung der Nutzung einzelner Fruchtfolgeglieder (W.Raps). Im Mittel aller Versuchsanlagen (1.-4.Anlage) schneidet Fruchtfolge 03 auf gleichem Ertragsniveau ab.

Anhand der Variationen der Ergebnisse lässt sich die Schwankung zwischen den Anlagen darstellen. Insgesamt liegen die Schwankungen vergleichsweise niedrig. Ausnahme ist Fruchtfolge 01, deren Umstellung in EVA II insgesamt zu höheren Erträgen führte. Die niedrigsten Schwankungen zwischen den Versuchsanlagen waren bei Fruchtfolge 03 zu beobachten. Die über alle Standorte gemittelten Werte variierten nur um durchschnittlich 2,5% zwischen den Anlagen. Auch wenn grundlegende Tendenzen an den unterschiedlichen Standorten ähnlich gerichtet sind, lassen sich bei einem Vergleich der mittleren Ertragswerte der Anlagen Unterschiede aufzeigen (vgl. Tabelle 7).

Unstabile Erträge (Relativ zu den Schwankungen der anderen Fruchtfolgen) zeigten sich in Dornburg und Ascha bei Fruchtfolge 02 und in Werlte und Ascha bei Fruchtfolge 01, letzteres insbesondere durch die geringen Erträge der 1.Anlage und dem guten Ergebnis, welches durch die Umstellung der Fruchtfolgen ermöglicht wurde.

Die insgesamt hohe Produktivität der Fruchtfolgen 01 und 03 an den meisten Standorten lässt sich ebenfalls im Kontext der weiteren geprüften Fruchtfolgen bestätigen. Demnach sind – bezogen auf die Trockenmasseerträge – keine oder nur geringe Mehrerträge mit regionalspezifischen Fruchtfolgen erzielt worden. An den Standorten Werlte (FF06 Grünschnittroggen/Mais- Grünschnittroggen/Sorghum- Grünschnittroggen/Mais) und Trossin (FF08 W.Gerste- Senf/Sonnenblume- Zuckerrübe) zeigten Regionalf Fruchtfolgen die gegenüber den ertragreichsten “Standardfruchtfolgen“ (FF01-05) deutliche ertragreicher (Vgl. Abbildung 8).

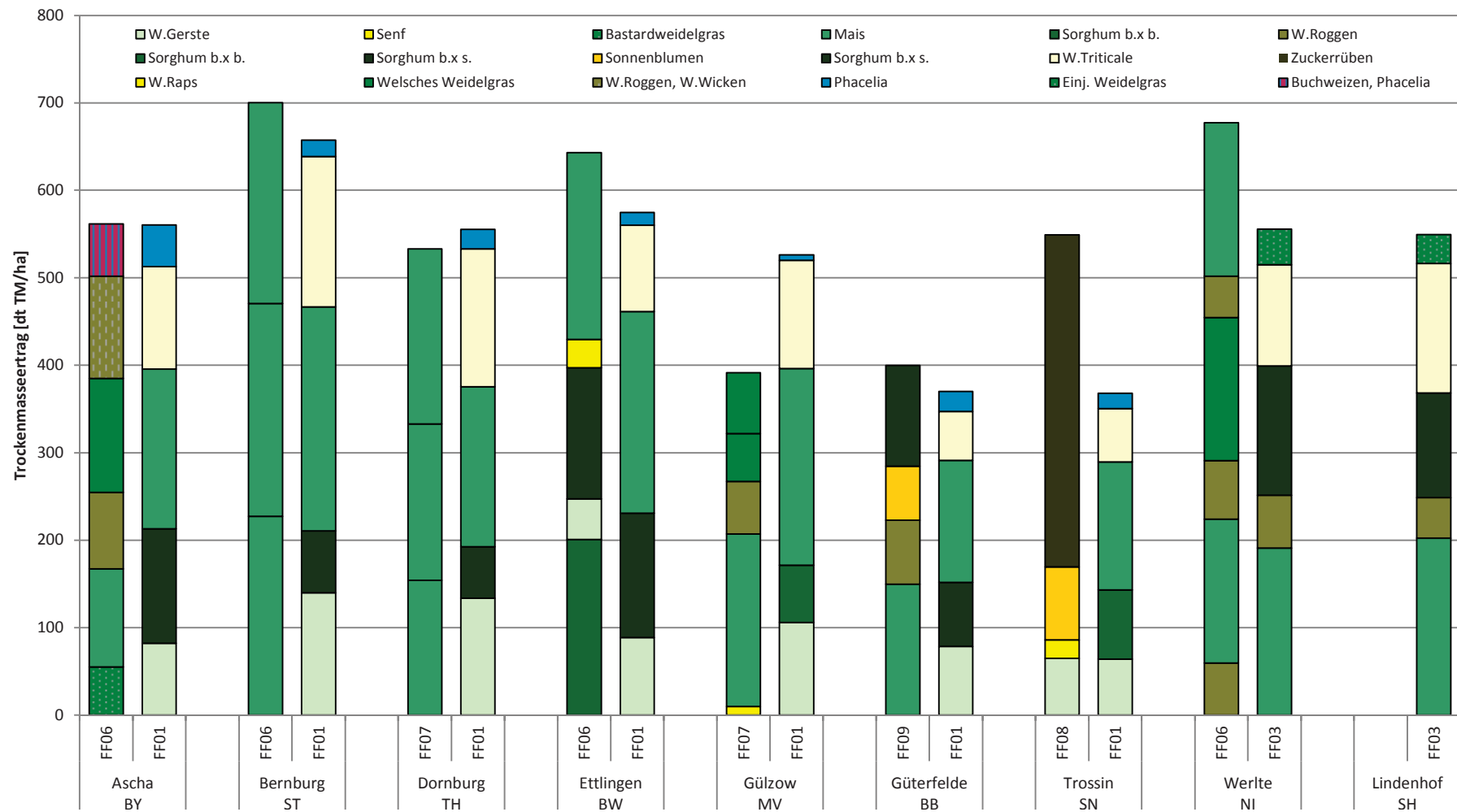


Abbildung 8: Trockenmasseerträge der jeweils ertragreichsten „Standardfruchtfolge“ und der ertragreichsten regionspezifischen Fruchtfolge; Mittel 3.-4.Anlage; ohne Abschluss-FFG

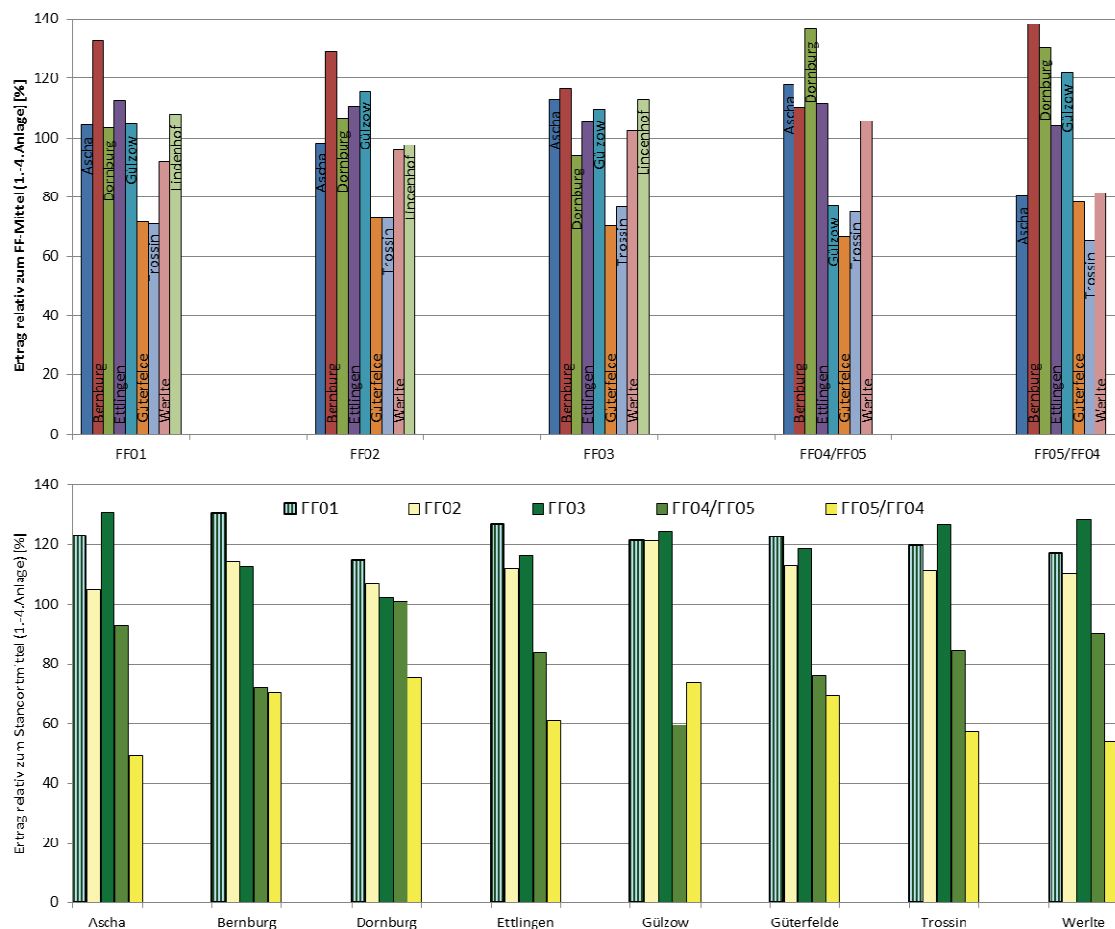


Abbildung 9: kumulierte Erträge relativ zum Mittel der Fruchtfolge (oben), kumulierte Erträge relativ zum Standortmittel FF01-05 (unten), 1.-4. Anlage; ohne Abschluss- FFG

Die Darstellungen der Erträge relativ zum Mittel der jeweiligen Fruchtfolgen aller Standorte bzw. relativ zum Standortmittel der Fruchtfolgen 01-05, zeigen grundsätzlich gleichgerichtete Tendenzen zum einen hinsichtlich der standortspezifischen Ertragspotentiale und zum anderen hinsichtlich der Ertragspotentiale der Fruchtfolgen. Ertragsniveaus von „Gunst“-Standorten wie Bernburg oder Etlingen lagen für alle Fruchtfolgen über dem Durchschnitt während Erträge der „Ungunst“-Standorte Trossin und Güterfelde durchgehend unter dem Durchschnitt lagen. Die Fruchtfolge 05/04 erreichte ein geringes Ertragsniveau (zwischen 49% und 75% vom Ertragsmittel des Standortes), die mit der auf teilweise abweichenden Nutzungsformen konzipierten Kulturabfolge und den damit anders ausgerichteten Ertragsbildungen (Biomasse vs. Kornbildung) erklärbar ist. Demgegenüber erreichen die Fruchtfolgen 01-03 an allen Standorten relativ zum Mittel am Standort ein Ertragsniveau von über 100 %. Für die Fruchtfolge 04/05 ergab sich ein uneinheitliches Bild, hier lagen die Erträge relativ zum Standortmittel zwischen 59% (Gülzow) und 101 % (Dornburg). Unterschiedliche Standorteignungen der Fruchtfolgen lassen sich aus den unterschiedlichen Rankings der Erträge der Standorte relativ zum Mittel der Fruchtfolge ableiten. Die Reihenfolgen würden bei angenommenen gleichen Vorzügenlichkeiten für die einzelnen Standorte entsprechend der Standortausstattung und daraus bedingten Ertragsbildungspotentialen (Gunststandorte/ Ungunststandorte) für alle Fruchtfolgen gleich sein. So erscheinen die Fruchtfolgen 04/05 und 05/04 am Standort Dornburg im Vergleich zu anderen Standorten erfolgreicher, während

im Gegensatz dazu mit den Fruchtfolgen 01 und 03 andernorts im Verhältnis mehr Ertrag erzielt wurde.

Tabelle 6: FF-Erträge relativ zum Mittel der FF und entsprechendes Ranking über die Standorte

	FF01		FF02		FF03		FF04/FF05		FF05/FF04	
Ascha	123	3	105	8	131	1	93	2	49	8
Bernburg	130	1	114	2	113	7	72	7	71	3
Dornburg	114	8	107	7	102	8	101	1	75	1
Ettlingen	127	2	112	4	116	6	84	5	61	5
Gülzow	121	5	121	1	125	4	60	8	74	2
Güterfelde	123	4	113	3	119	5	76	6	70	4
Trossin	120	6	111	5	127	3	85	4	57	6
Werlte	117	7	110	6	128	2	90	3	54	7

Zusammenfassend:

- Im Mittel der Standorte und Anlagen waren vielgliedrige Fruchtfolgen mit C₄-Pflanzen am ertragreichsten.
- Fruchtfolge 03 zeigte mit einer geringen mittleren Ertragsschwankung zwischen den Versuchsanlagen von 2,5% die größte Ertragsstabilität.
- Auch wenn die Tendenzen der unterschiedlichen Standorte in etwa gleichgerichtet waren, zeigt sich im Vergleich von Fruchtfolgen und deren Schwankung zwischen den Jahren eine höhere relative Produktivität und Ertragssicherheit der Fruchtfolge 05/04 an den Standorten Dornburg und Gülzow.
- Fruchtfolge 04/05 (Ackerfutter) erreichte am Standort Dornburg relativ bessere Ergebnisse als an anderen Standorten.

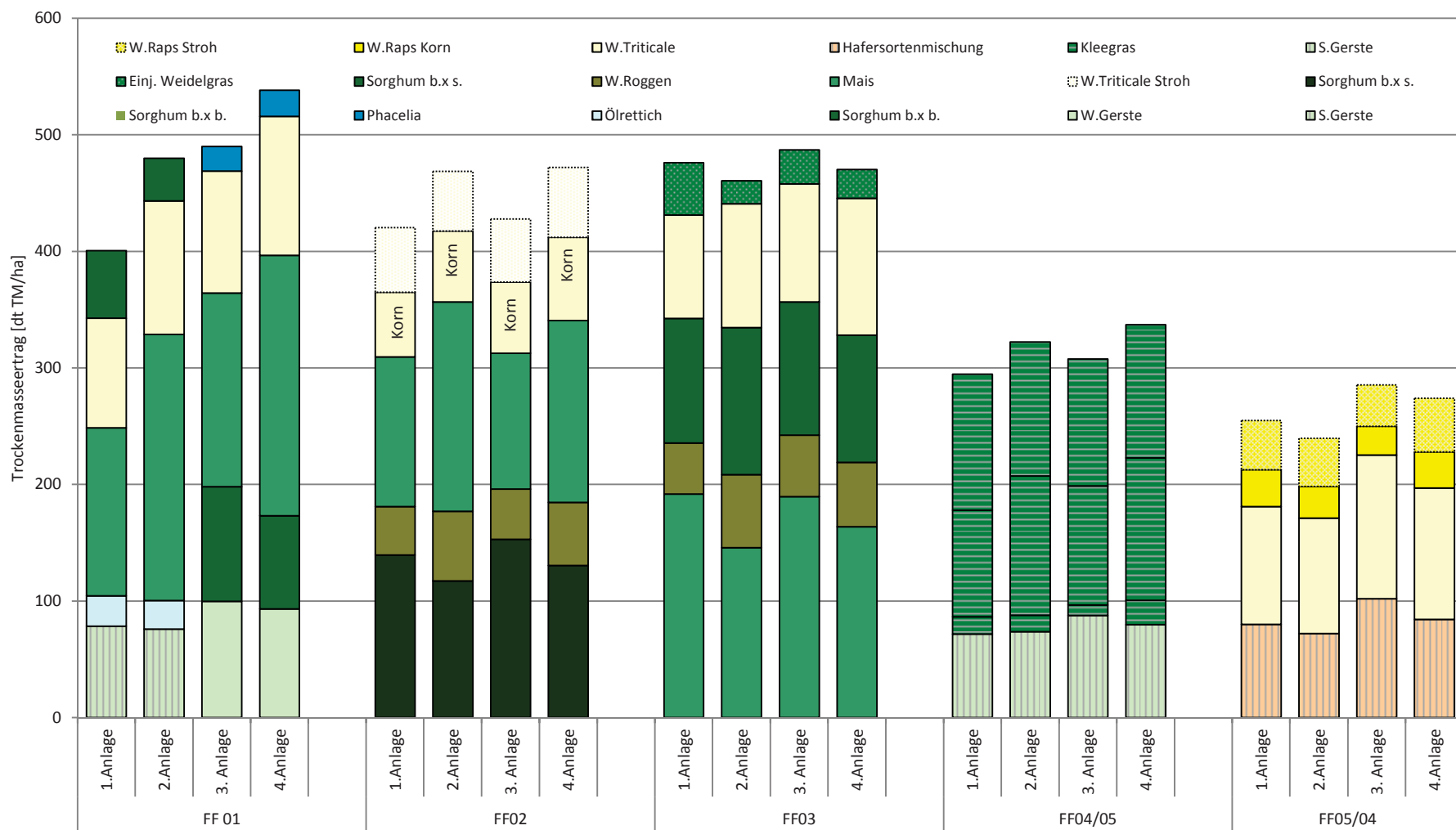


Abbildung 10: kumulierte Trockenmasseerträge der Fruchtfolgen 01 bis 05, 1.-4. Anlage, Mittelwerte über alle Standorte außer Lindenhof (1.-2. Anlage ohne Bernburg); ohne Abschluss-FFG

Tabelle 7: Mittlere Ertragswerte je Standort und Abweichung zwischen den Versuchsanlagen, ohne Abschluss-FFG W.Weizen/ W.Roggen, farbliche Skalierung Min/Max für Standorte je FF

Ertragswerte, Mittel der Relativwerte je Standort und Variation zwischen den Versuchsanlagen						
	FF01*	FF02	FF03	FF04 / FF05	FF05/ FF04	Mittelwert
Werlte						
Mittelwert [dt TM/ha]	450	419	498	210	340	383
Variation 1.-4.Anlage [%]	24	11	15	27	5	
Mittelwert relativ	117	109	130	55	89	
Gülzow						
Mittelwert [dt TM/ha]	521	517	533	316	257	429
Variation 1.-4.Anlage [%]	7	10	8	4	10	
Mittelwert relativ	121	121	124	74	60	
Güterfelde						
Mittelwert [dt TM/ha]	355	330	344	203	220	290
Variation 1.-4.Anlage [%]	7	8	3	14	21	
Mittelwert relativ	122	114	118	70	76	
Trossin						
Mittelwert [dt TM/ha]	352	328	373	170	248	294
Variation 1.-4.Anlage [%]	15	11	14	27	14	
Mittelwert relativ	120	111	127	58	84	
Dornburg						
Mittelwert [dt TM/ha]	492	467	457	339	435	438
Variation 1.-4.Anlage [%]	9	26	9	10	24	
Mittelwert relativ	112	107	104	77	99	
Ascha						
Mittelwert [dt TM/ha]	519	431	535	210	390	417
Variation 1.-4.Anlage [%]	18	21	7	9	8	
Mittelwert relativ	124	103	128	50	93	
Ettlingen						
Mittelwert [dt TM/ha]	558	487	500	266	356	433
Variation 1.-4.Anlage [%]	4	6	6	11	9	
Mittelwert relativ	129	112	115	61	82	
Mittel						
Mittelwert [dt TM/ha]	464	426	463	245	321	383
Variation 1.-4.Anlage [%]	12	13	9	14	13	
Mittelwert relativ	121	111	121	64	83	

* Fruchtfolgewechsel zwischen EVA I und EVA II

5 Weiterführende Auswertungen und Interpretationen zum Fruchtfolgeversuch

5.1.1 Wertung der innerhalb des Fruchtfolgeversuchs angebauten Fruchtarten (bzw. -Kombinationen)

Eine Betrachtung und Wertung der Gesamtertragsfolgen und der Fruchtfolgenwirkungen ist aufgrund unterschiedlichen Standorteigenschaften und deren Wechselwirkungen nur standortspezifisch möglich. „Grundsätzliche“ Empfehlung für eine optimale Energiepflanzenfruchtfolge können nicht gegeben werden, ein Vergleich einzelner Fruchtfolgeglieder und Fruchtartenkombinationen macht aber weiterführende Aussagen möglich.

5.1.2 Vergleich von Sorghum und Mais in Hauptfruchtstellung

Die vorliegenden Ergebnisse ermöglichen eine vergleichende Betrachtung der Ertragshöhen von Sorghum und Mais in Hauptfruchtstellung (HF) an den einzelnen Standorten für die Jahre 2005, 2006, 2009 und 2010. Im Mittel der Jahre lagen die Maiserträge an allen Standorten über denen von Sorghum. Die höchsten Maiserträge wurden in Gülzow, Bernburg, Ascha und Ettlingen erzielt (Spanne 181-227 dt TM/ha). Am sommertrockenen, kühlen Lößstandort Dornburg waren die Erträge mit etwa 150 dt TM/ha deutlich niedriger und lagen im vierjährigen Mittel auf einem Niveau mit dem trockenen Diluvial-Standort Trossin. Hohe Erträge in 2005 am Standort Trossin, bedingt durch begünstigende Vegetationsbedingungen, erklären den Ertrags-Vorteil gegenüber dem Standort Güterfelde mit vergleichbarem Ertragspotential. Dies ist aus der großen Spanne des Maisertrags in Trossin abzuleiten.

Mit dem Anbau von Sorghum erreichten die Standorte Güterfelde, Trossin, Dornburg und Ascha annähernd gleiche absolute Ertragsniveaus von 128 bis 130 dt TM/ha. Höhere Erträge wurden in Bernburg und Ettlingen erzielt (151 bzw. 153 dt TM/ha). Deutlich geringer fiel der Sorghumertrag in Werlte aus. Als mögliche Ursachen sind hier neben den Witterungseinflüssen auch anbautechnische Probleme zu nennen (vgl. Abbildung 11).

Zusammenfassend lässt sich die Aussage treffen, dass bei geringer Bodengüte und ungenügender Wasserversorgung während der Vegetationsperiode, die relative Vorzüglichkeit von Sorghum im Hauptfruchtanbau gegenüber dem Mais zunimmt. Sorghum hat somit vor allem eine Anbauberechtigung auf Standorten mit einem geringen Bodenwasserbereitstellungsvermögen und Jahresniederschlägen von weniger als 600 mm.

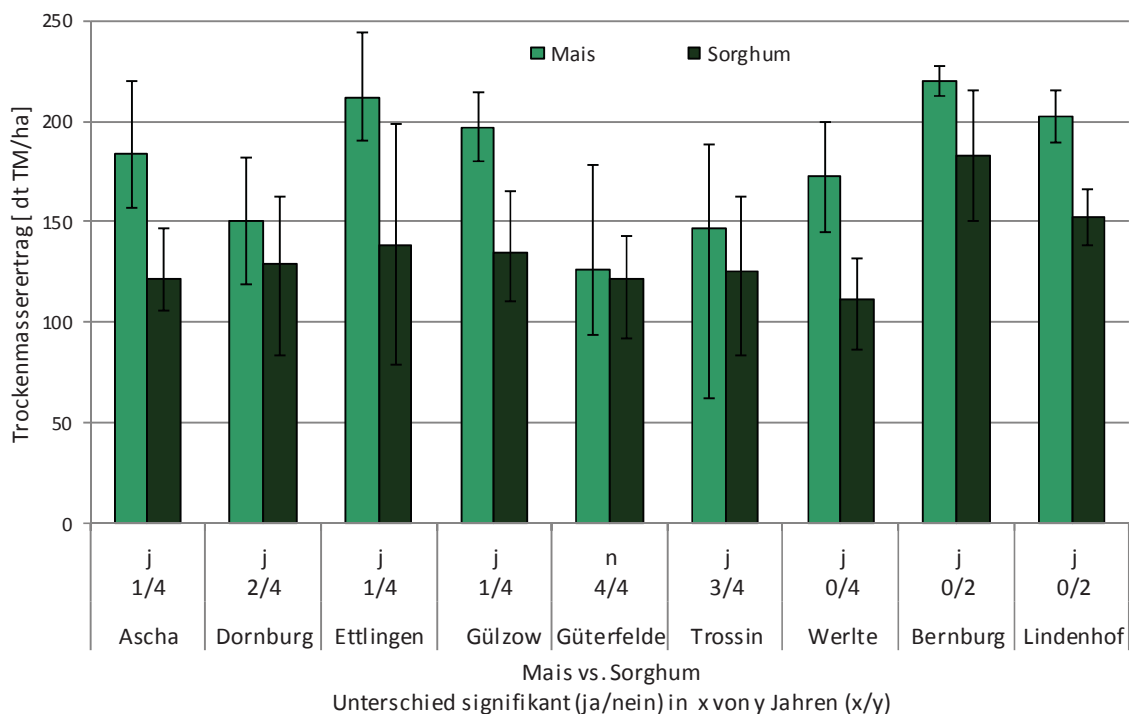


Abbildung 11: Vergleich der Trockenmasseerträge von Sorghum (HF) in FF02 und Mais (HF) FF03 (2005/2006/2009/2010)¹

5.1.3 Mais und Sorghum im Zweikulturnutzungssystem

Neben dem Anbau von Mais und Sorghum in Hauptfruchtstellung erfolgte im Versuch auch der Anbau in Zweitfruchtstellung (ZF) nach Winterzwischenfrucht Grünschnittroggen (FF02). Darüber hinaus erfolgte der Anbau von Sorghum nach W.Gerste (GPS) im Jahr 2010. Damit wird der Vergleich unterschiedlicher Fruchtfolgekombinationen und deren Ertragsaussichten zum Hauptfruchtanbau möglich.

Vergleich Zweitfruchtanbau Mais und Sorghum

Die vierjährigen Ergebnisse verdeutlichen, dass mit Mais in Zweitfruchtstellung höhere Erträge als mit Sorghum in Zweitfruchtstellung erreicht werden, wobei die Ertragsdifferenz in Güterfelde (6 dt TM/ha) und Ascha (12 dt TM/ha) am geringsten ausfiel. Höhere Unterschiede waren in Gülzow (58 dt TM/ha), Bernburg (45 dt TM/ha) und Ettlingen (63 dt TM/ha) zu beobachten.

Die bisher geltende These, dass Sorghum gegenüber Trockenstress weniger empfindlich als Mais ist und eine hohe Wassernutzungseffizienz besitzt, sollte eine bessere Zweitfruchteignung zur Folge haben. Dies konnte jedoch im EVA-Fruchtfolgeversuch nicht nachgewiesen werden. Mit der übergreifenden Auswertung der Ergebnisse aus dem EVA-Projekt und dem „Sorghum-Projekt“ der FNR sollen weiterführende Aussagen generiert werden, so dass eine

¹ Durch Berücksichtigung zusätzlicher Jahre und von Ergebnissen des Sorghumprojektes ergeben sich auch am Standort Güterfelde etwas geringere Relativerträge von Sorghum (vgl. Anhang 4).

umfassende Wertung der Ergebnisse nach Auswertung der getätigten Lysimeteruntersuchungen erfolgen kann.

Die bisherigen Ergebnisse zeigen für den Zweitfruchtanbau, dass das Ertragsniveau von Sorghum gegenüber Mais weniger stark differiert als im Hauptfruchtanbau.

Vergleich Hauptfruchtanbau Mais und Grünschnittroggen / Mais

Nach vierjähriger Prüfung (Bernburg und Lindenhof nur zweijährige Prüfung) zeichnet sich eine gegenüber der Bewertung in EVA I veränderte Sachlage ab. Ein Ertragsvorteil der Fruchtfolgekombination Grünschnittroggen und Mais ist nur an den Standorten Werlte mit 46 dt TM/ha und dem schleswig-holsteinischen Standort Lindenhof (2010/2011) mit 23 dt TM/ha noch nennenswert. An den anderen Standorten zeigten sich vergleichbare Erträge bzw. Mindererträge (Bernburg, Dornburg).

Bei dem Blick auf die Wuchsbedingungen der Versuchsjahre von EVA II lassen sich zunächst drei Aspekte hervorheben, die z. T. für Zweitfruchtsysteme gegenüber Vorjahren zu ungünstigeren Ergebnissen geführt haben könnten.

- In den ersten Monaten 2010 und 2011 war im Gegensatz zu 2006 und 2007 witterungsbedingt keine nennenswerte Entwicklung des Roggens möglich.
- Keimung und Jugendentwicklung waren in 2010 durch zuerst kühle und trockene Bedingungen beeinträchtigt, in der Folge erschwerte Bodennässe die Aussaat von Zweitfrüchten. Die insgesamt sehr trockenen Bedingungen bis Ende Mai verlangsamten das Auflaufen der Zweitfrüchte.
- Die Ertragsbildung begünstigende Niederschläge im Sommer bzw. Spätsommer 2010/11 ermöglichten hohe Erträge der Sommerungen in Hauptfruchtstellungen.

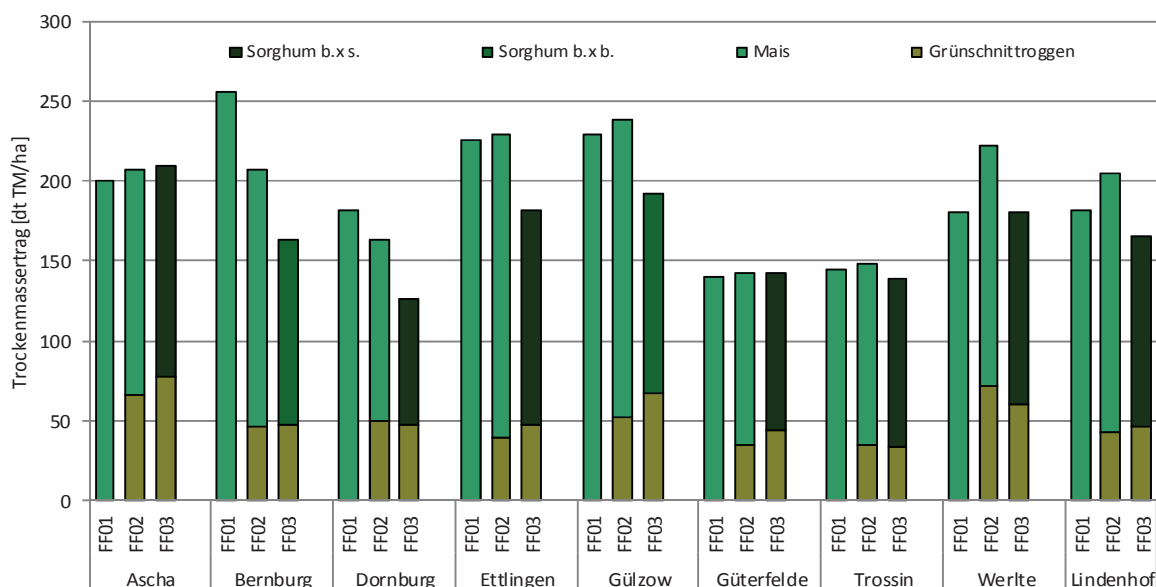


Abbildung 12: Erträge von FF01 Mais, FF02 Grünschnittroggen/Mais (ZF) und FF03 Grünschnittroggen/Sorghum (ZF), Mittel 1.-4.Anlage; für Bernburg und Lindenhof 3.-4.Anlage

Mit verschiedenen Ansätzen der explorativen Datenanalyse werden in der Folge Ansätze zur Darstellung von Zusammenhängen zwischen Ertragsleistungen und unterschiedlichen Einflussfaktoren verfolgt.

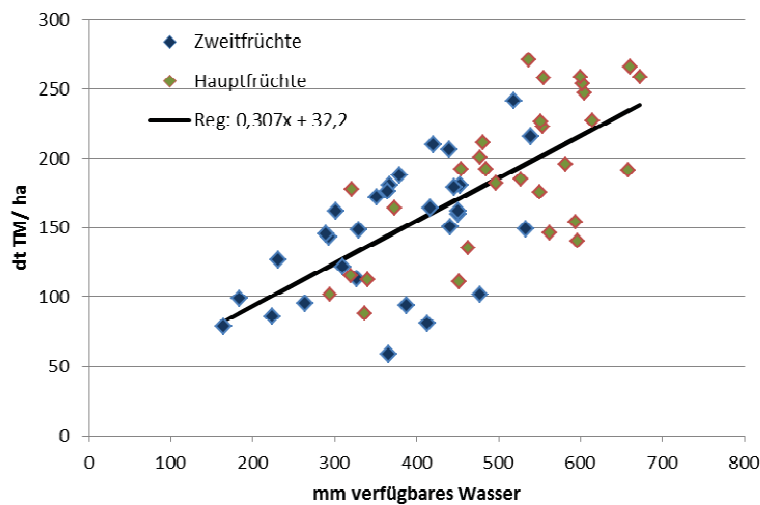


Abbildung 13: Zusammenhang von verfügbarem Wasser (Bodenwasser + Niederschlag während des Wachstums) und dem Trockenmasseertrag von Mais als Ableitung aus Daten EVA II unter der Annahme, verfügbares Wasser für Zweitfrüchte = verfügbares Wasser für Hauptfrüchte – 50 mm Wasserausschöpfung durch Grünschnittroggen (im Mittel der Standorte 130 gegenüber 80 mm).

Aus den Abbildungen lässt sich kein direkter Zusammenhang zwischen den Erfolgsaussichten des Zweifruchtsystems Grünschnittroggen/ Mais und Niederschlagsmenge bzw. verfügbarem Wasser ableiten. Standort-Jahr Kombinationen mit sehr geringen Niederschlagsmengen und dennoch hohen Mehrerträgen durch den Grünschnittroggenanbau (2006, Dornburg: 64 + 113 dt TM gegenüber 135 dt TM), stehen im Versuchszeitraum Konstellationen mit ausreichenden Niederschlägen bei gleichzeitig nur geringen Mehrerträge oder sogar Mindererträge gegenüber (Vgl. Abbildung 11). Hier erschwerte die ungünstige Verteilung der Niederschläge, vor allem in den Jahren 2010 und 2011 die Einhaltung agrotechnisch optimaler Termine und beeinträchtigte verbunden mit niedrigen Bodentemperaturen die Jugendentwicklung des Maises.

Weiterführende Auswertungen der vorhandenen Datensätze, hinsichtlich der pflanzenverfügbaren Wassermengen und der Wuchsbedingungen könnten Aussagen zu Möglichkeiten und Grenzen der Zweifruchtsysteme ermöglichen. Beispielhaft ist in Abbildung 14 der Zusammenhang aufgeführt, welcher bislang den besten Zusammenhang zu dem Mehrertrag der Zweifruchtnutzung zeigte. Demnach lässt sich die These formulieren, dass vor allem die Frühjahrsbedingungen von Bedeutung für Erfolg oder Misserfolg sind. Für den Mais nicht nutzbare „Niederschlagsüberschüsse“ einhergehend mit guten Wuchsbedingungen für W.Roggen ermöglichen unter Ausnutzung dieser „unproduktiven Wasserverluste“ einen Mehrertrag durch ein Zweifruchtsystem Grünschnittroggen/ Mais, so in den küstennahen Regionen, an denen durch Winterniederschläge der Bodenwasservorrat schnell aufgefüllt wird und zusätzlich unproduktives Sickerwasseraufkommen resultiert.

Auch auf Lößstandorten mit größeren Bodenwasserspeicherkapazitäten, stehen Teile der Winterniederschläge nicht dem Wachstum des Hauptfruchtmaises zur Verfügung und könnten somit effektiver durch den Grünschnittroggen genutzt werden. Stülpnagel et al. (2011) verweisen darauf, dass zu feuchte Bedingungen im Frühjahr die Maisaussaat häufig verhindern bzw. bis zu einem ausreichenden Abtrocknen des Feldes verzögern, wobei es

sich ebenfalls um Wasser handelt, dass produktiv durch den W.Roggen genutzt werden könnte (Stülpnagel, et al., 2012).

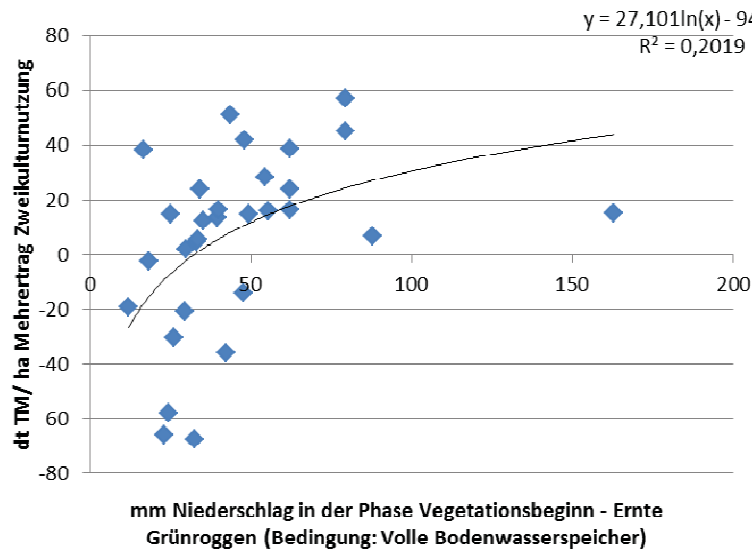


Abbildung 14: Niederschlag in der Phase Vegetationsbeginn-Ernte Grünroggen und Mehrertrag der Kombination Grünroggen – Mais gegenüber Mais (HF)

Erklärungsansätze für den Erfolg von Zweitfruchtsystemen liegen somit vor. Allgemeingültige Aussagen können bislang aber nicht formuliert werden. In weiterführenden Versuchen und Auswertungen sollte der Ursachenkomplex aus kulturverfügbarem Wasser, Etablierungsbedingungen der Zweitfrucht, Wahl des Erntezeitpunktes, Sortenwahl usw. weitergehend untersucht werden, um standortangepasste ertragsstarke und ertragssichere Zweikultursysteme zu entwickeln.

Anbau von Sorghum in unterschiedlichen Fruchtfolgestellungen

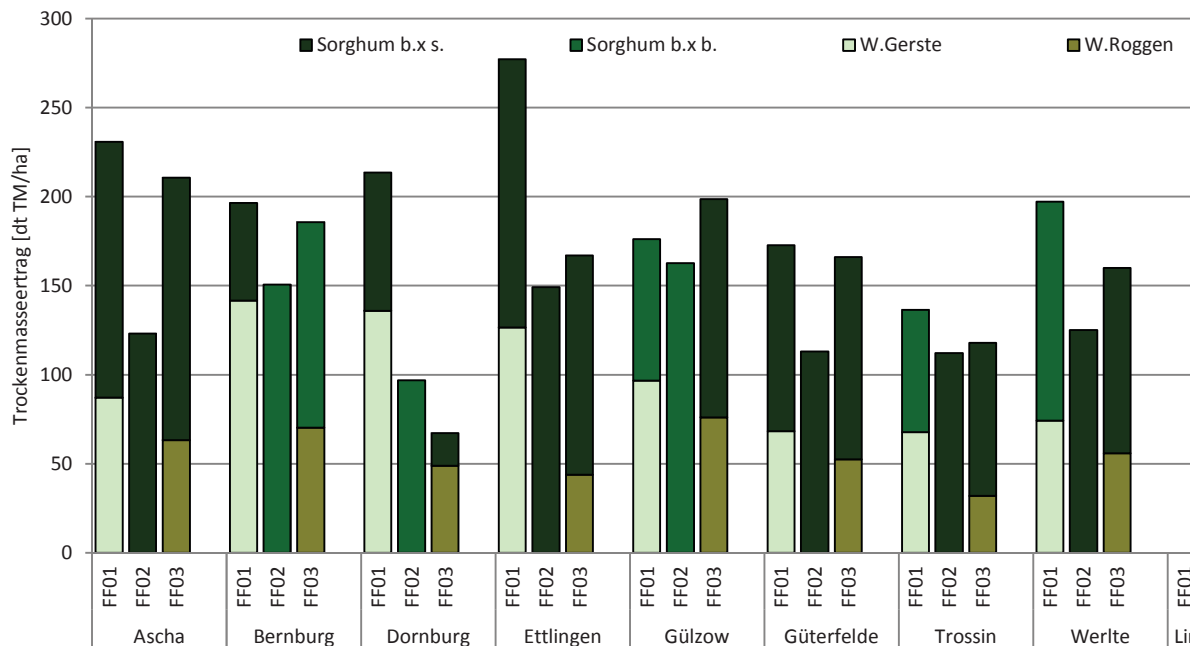


Abbildung 15: W.Gerste/Sorghum, Sorghum (HF) und Grünschnittroggen/Sorghum in 2010 im Vergleich der Standorte

Neben dem Anbau von Sorghum in Haupt- und Zweitfruchtstellung in den Fruchtfolgen 02 und 03, wurde Sorghum auch als Sommerzwischenfrucht nach W.Gerste (Fruchtfolge 01, Prinzip des Zweikulturnutzungssystems nach Scheffer und Stülpnagel (Scheffer, et al., 1993)) angebaut. Für das Jahr 2010 ist der direkte Vergleich der Kombinationen Grünschnittroggen / Sorghum und W.Gerste / Sorghum möglich. Die Gegenüberstellung bestätigt weitestgehend bisherige Erkenntnisse. Eng gesteckte Kulturabfolgen vergrößern das Risiko deutlicher Mindererträge und unzureichender Abreife der Zweitfrüchte. Entsprechende Ertragseinbrüche sind sowohl bei „früher“ als auch „späterem“ Kulturwechsel zu beobachten. Bei spät gesäten Sommerungen sind ursächlich dafür vor allem die Etablierungsbedingungen und eine zu kurze verbleibende Vegetationsdauer (z.B.: an den Standorten Lindenhof, Gülzow, Güterfelde und Dornburg). Aufgrund witterungsbedingter Etablierungsprobleme² wurde in den Versuchsjahren auf den getreidebegünstigenden Standorten Dornburg und Bernburg ebenfalls nur sehr geringe Grünschnittroggenerträge erzielt.

Es zeichnen sich unterschiedliche Situationen an einzelnen Standorten ab. Die Differenzen zwischen den Erntezeitpunkten von Grünschnittgetreide (FF03) und Getreide-GPS FF01) bedingen unterschiedliche Ertragsbildungen der Winterungen und längere oder kürzere Vegetationsdauern für die nachfolgenden Sommerungen. An Standorten mit hohem Getreide-Ertragspotential (Dornburg, Bernburg), sind die Kombinationen mit Getreide-GPS und später Etablierung der Sommerungen (SZwF) ertragreicher. Erhöhte Etablierungs- und Abreiferisiken für die Sommerungen durch die Verschiebung des Erntezeitpunktes zugunsten des Hauptertragsbildners W.Getreide werden durch sichere und hohe Erträge des Getreide-GPS ausgeglichen.

² Starke Vernässung der Flächen im Herbst, siehe Anhänge 6 und 7a.

An Standorten mit geringerem Getreide-Ertragsniveau und Defiziten in der Wasserversorgung (Güterfelde, Trossin) erzielte die Kombinationen aus Grünschnittgetreide und früher Etablierung der nachfolgenden Sommerung die höheren Erträge. Dies ist durch, die geringere Bodenwasserausschöpfung des Grünschnittgetreides in Verbindung mit einer effizienten Nutzung der verbleibenden Bodenwasservorräte durch das Sorghum möglich.

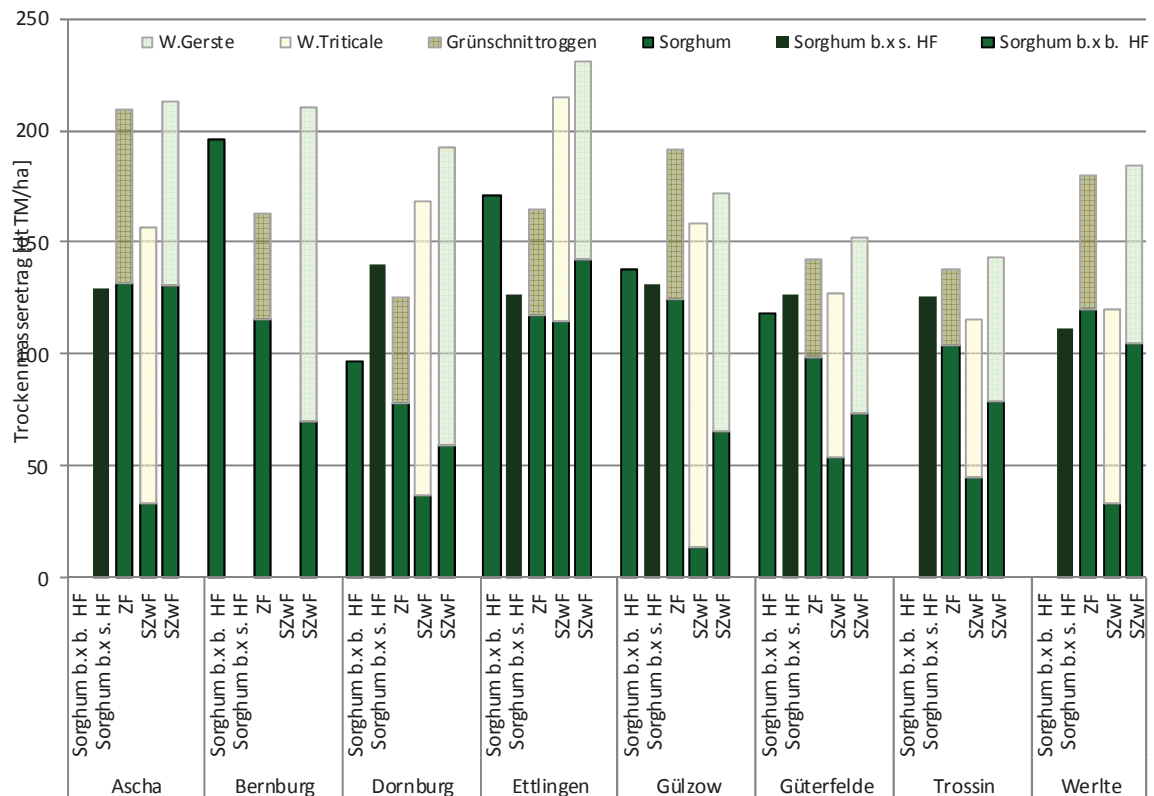


Abbildung 16: Erträge von Sorghum in unterschiedlicher Fruchtfolgestellung; 1.-4. Anlage; HF in FF02; ZF in FF03; SZwF in FF01 (in EVA I nach W.Triticale, in EVA II nach W.Gerste)

Sorghum wurde in unterschiedlichen Fruchtfolgestellungen angebaut. Die entsprechenden Ertragsleistungen spiegeln die bedingt unterschiedlichen Vegetationsdauern und die den Standortbedingungen entsprechenden Etablierungs- und Abreiferisiken wieder. Mit Ausnahme der ausreichend wasserversorgten Standorte Ascha und Werlte war Sorghum in Hauptfruchtstellung ertragreicher als in Fruchtfolgekombinationen mit anderen Kulturen.

Die Fruchtfolgekombinationen bzw. Zweikultursysteme waren ertraglich erfolgreicher als Sorghum in Hauptfruchtstellung. Dabei war mit Ausnahme von Gülzow an allen Standorten die Kombination aus W.Gerste/Sorghum (SZwF) im Vergleich ertragreicher. An 4 von 8 Standorten erzielte diese Fruchtfolgepaarung in allen angebauten Fruchtfolgen auch die höchsten kumulierten Jahrestrockenmasseerträge. Für die späte Aussaat von Sorghum ab Anfang Juni in Sommerzwischenfruchtstellung ist einschränkend zu sagen, dass bisher nur wenige Sorten entsprechende Abreifeeigenschaften aufweisen um die für eine gute Silierfähigkeit notwendigen 28 % Trockensubstanzgehalt zu erreichen. Mit Bezug auf die erarbeitete Klassifizierung des Sortenspektrums in Reifegruppen (Zeise, et al., 2012) kann daher aufgezeigt werden, dass insbesondere mit den mittelfrühen und mittelspäten Sorten zumeist keine ausreichenden Trockensubstanzgehalte erreicht wurden. Sorten dieser Reifegruppen sind aufgrund zu weniger Alternativen im Sortenspektrum – vor allem in EVA I berücksichtigt

worden (vgl. Abbildung 17a). Die frühe Sorte Lussi, die häufiger in EVA II und in Zweit- und Zwischenfruchtstellung zum Anbau kam, konnte hingegen häufiger einen ausreichenden TS-Gehalt erreichen. Ein alleiniger Zusammenhang zwischen Wärmesumme und Abreife besteht allerdings nicht (vgl. Abbildung 17b).

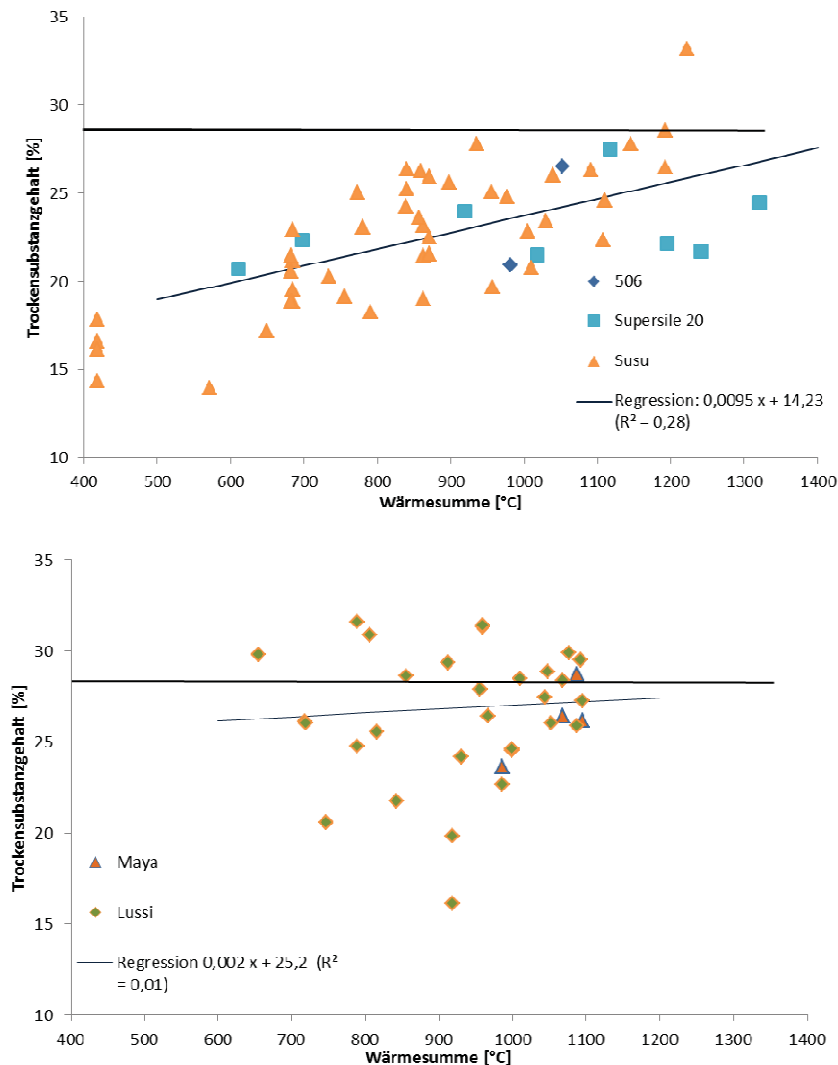


Abbildung 17 a/b: Wärmesumme und Trockensubstanzgehalt von Sorghumsorten in EVA I (oben) und besser abreifender Sorten (meist EVA II, unten). Die waagerechte Linie markiert den für die Silierung geforderten TS-Gehalt von 28%.

Zusammenfassend:

- Mais ist gegenüber Sorghum in Haupt- und Zweitfruchtstellung und an allen Standorten die ertragsstärkere C₄-Pflanze.
- Die geprüften Zweikultursysteme waren nicht an allen Standorten ertragreicher als die jeweiligen Hauptertragsbildner in Hauptfruchtstellung.
- Die Leistungsfähigkeit der Zweikulturnutzungssysteme steht im Zusammenhang mit einem Ursachenkomplex. Eine zentrale Rolle nimmt dabei die Wasserverfügbarkeit für Zweitfrucht bzw. Sommerzwischenfrucht. Für Sorghum und Mais zeigen sich lineare Zusammenhänge zwischen Wasserverfügbarkeit und Ertrag.
- Der Erntezeitpunkt W.Getreide und der damit mögliche Aussaatzeitpunkt der Sommerung sind entsprechend der Ertragspotentiale der Kulturarten zu wählen. Die Verschiebung ist zugunsten der Ertragsmaximierung der ertragsstärkeren und ertragssichereren Kulturen zu wählen.
- Für Sorghum in Zweitfrucht- und Sommerzwischenfruchtstellung können lineare Zusammenhänge zwischen Vegetationsdauer und Ertrag und zwischen Entwicklungsstadium und Ertrag festgestellt werden.
- Zweikultursysteme mit beteiligten C₄-Pflanzen Mais oder Sorghum erbrachten im Mittel die höchsten Trockenmasseerträge pro Jahr (außer Bernburg).
- Fruchtfolgekombination W.Gerste/Sorghum (SZwF) an 4 von 8 Standorten im Vergleich am ertragreichsten
- Risiken für Ausfälle oder -minderungen im Ertrag und der Substratqualität (Silierfähigkeit, Transportwürdigkeit und Gasbildungspotentiale) sind durch geeignete Arten und Sortenwahl (u.a. Reifegruppen) zu minimieren.
- Getreidestandorte: Hauptertragsbildner W.Getreide-GPS
- Standorte mit Wasserversorgungsdefiziten: Hauptertragsbildner C₄-Pflanzen mit hoher Wassernutzungseffizienz
- Zweikultursysteme sind nicht ausschließlich wegen möglicher Ertragsmehrleistungen interessant. Antipathogen Wirkungen in der Kulturabfolge, Schaffung von Sorten- und Artenvielfalt in der Agrarlandschaft, Nährstofffixierung über Winter, Humusbildung und viele weitere ökologische und pflanzenbauliche Leistungen können durch Zweikultursysteme erbracht werden.

5.1.4 Anbau von Wintergetreide als Ganzpflanze

Neben dem Anbau von Sorghum und Mais erfolgte auch der Anbau von Ganzpflanzengetreide, wie S.Gerste bzw. S.Roggen, Hafersortenmischung (HSM), W.Triticale und W.Gerste (Vgl. Tabelle 8). Anhand der Ertragsdaten wird die Vorzüglichkeit der Wintergegenüber den Sommerformen an allen Standorten ersichtlich.

Tabelle 8: Trockenmasseerträge Ganzpflanzengetreide, Mittel EVA I und EVA II

	Ascha	Bernburg	Dornburg	Ettlingen	Gülzow	Güterfelde	Trossin	Werite
Hafersortenmischung	75,78 dt/ha	107,26 dt/ha	120,16 dt/ha	95,66 dt/ha	88,82 dt/ha	74,92 dt/ha	54,79 dt/ha	86,06 dt/ha
relativ im Standortvergleich [%]	86	122	137	109	101	85	62	98
S.Gerste	72,53 dt/ha	106,06 dt/ha	100,06 dt/ha	80,01 dt/ha	87,42 dt/ha	58,40 dt/ha	53,23 dt/ha	77,27 dt/ha
relativ im Standortvergleich [%]	91	134	126	101	110	74	67	97
W.Gerste	82,16 dt/ha	140,14 dt/ha	133,67 dt/ha	126,57 dt/ha	106,00 dt/ha	78,65 dt/ha	64,63 dt/ha	86,67 dt/ha
relativ im Standortvergleich [%]	80	137	131	124	104	77	63	85
W.Triticale	112,44 dt/ha	166,95 dt/ha	147,68 dt/ha	112,23 dt/ha	128,61 dt/ha	66,33 dt/ha	66,02 dt/ha	100,61 dt/ha
relativ im Standortvergleich [%]	100	148	131	100	114	59	59	89
W.Roggen						81,01 dt/ha		112,19 dt/ha
Grünschnittroggen	74,76 dt/ha	61,78 dt/ha	48,78 dt/ha	45,90 dt/ha	59,45 dt/ha	43,42 dt/ha	34,18 dt/ha	59,16 dt/ha
Mais	184,98 dt/ha	235,29 dt/ha	172,65 dt/ha	210,12 dt/ha	206,48 dt/ha	141,64 dt/ha	146,52 dt/ha	169,08 dt/ha

In den EVA-Fruchtfolgeversuchen, wurden neben den in die Fruchtfolgen 01-05 angebauten Fruchtarten und Artenmischungen (Hafersortenmischungen, S.Gerste in EVA I, W.Gerste in EVA II, W.Triticale) weitere Getreide-GPS an den einzelnen Standorten in die Fruchtfolgen integriert. Der direkte Vergleich der Getreide-GPS mit den Erträgen von Mais zeigt, dass insbesondere am Standort Dornburg sehr hohe Erträge erreichbar sind. Im 4-jährigen Vergleich (2006, 2007, 2010 und 2011) musste jedoch für alle Standorte ein signifikant höherer Ertrag von Mais gegenüber der ertragsstarken W.Triticale festgestellt werden (Vgl. Abbildung 18). In 5 Einzelfällen unterscheiden sich die Erträge nicht signifikant. Die S.Getreidearten waren insgesamt ertragsschwächer als die W.Getreidearten, mit der Hafersortenmischung konnte aber in Dornburg im Jahr 2011 ein mit Mais vergleichbarer Ertrag erreicht werden. Ein weiterführender Vergleich der Wintergetreidearten zur Ganzpflanzennutzung wurde im Projekt Optimierung des Anbauverfahrens von Ganzpflanzengetreide gemacht (Bischof, 2012). Das unerwartet geringe Ertragsniveau der W.Getreidearten am Standort Ettlingen mit guten Standorteigenschaften, lässt sich durch die insgesamt vergleichsweise hohen Frühjahrstemperaturen erklären. Diese induzierten eine Verkürzung von Wachstumszyklen, im speziellen der vegetativen Phase (Baeumer, 1994). Demnach ist Ende April die Temperatursumme (Basistemperatur 2°C) in Ettlingen um fast 100 °C gegenüber dem Mittel der anderen Standorte erhöht. Vor allem die Monate März, April und Mai weisen starke Abweichungen zu den anderen Standorten auf (Anhang 1e). Gleichzeitig wird deutlich, dass in Dornburg die Sommertemperaturen vergleichsweise niedrig sind und die geringen Maiserträge trotz hoher Bodenwertzahlen erklärt. Der Anbau von Getreide-GPS ermöglicht den Anbau von nachfolgenden Stoppelsaaten/ Sommerzwischenfrüchten, sowohl mit Ertragsfunktion als auch mit möglichen weiteren Funktionen. Diese können nach Freyer (2003) folgende sein: anbautechnische Funktion, phytosanitäre Funktion, Ressourcenschutzfunktion, landeskulturelle Funktion oder betriebswirtschaftliche Funktion. So bringt die Fruchtfolgekombination W.Gerste/ Sorghum (FF01) in Ascha (213 dt TM/ha), Güterfelde (152 dt TM/ha) Dornburg (193 dt TM/ha) und Ettlingen (21 dt TM/ha) im Mittel die höchsten Erträge pro Erntejahr. In die Kombinationen W.Triticale/ Phacelia (FF01) und W.Triticale / einj. Weidelgras erfüllen die nachgestellten Stoppelsaaten weniger Ertragsfunktionen (einj. Weidelgras, Mittelwerte der Standorte zwischen 17 dt TM/ha und 48 dt TM/ha),

vielmehr weiterführende ökologische und betriebswirtschaftlich- anbautechnische Funktionen. Die in Fruchtfolge 04/05 angebaute S.Gerste sollte in erster Linie einer Sicherung moderater Jahresgesamterträge während der Etablierung der standortangepassten Ackerfruchttermischungen als Untersaat dienen. Die wenig zufriedenstellenden Ertragsergebnisse des S.Gerste-GPS (Dornburg min/max: 78/123 dt TM/ha; Güterfelde min/max: 43/62 dt TM/ha) und die unterschiedlichen Erfolge in der Etablierung der Untersaaten (notwendige Zweitaussaat als Blanksaat Dornburg 2010) oft verbunden mit nicht erntewürdigen Aufwüchsen im Etablierungsjahr machen weiter Versuchsanstellungen und Untersuchungen zu diesem Themenkomplex notwendig.

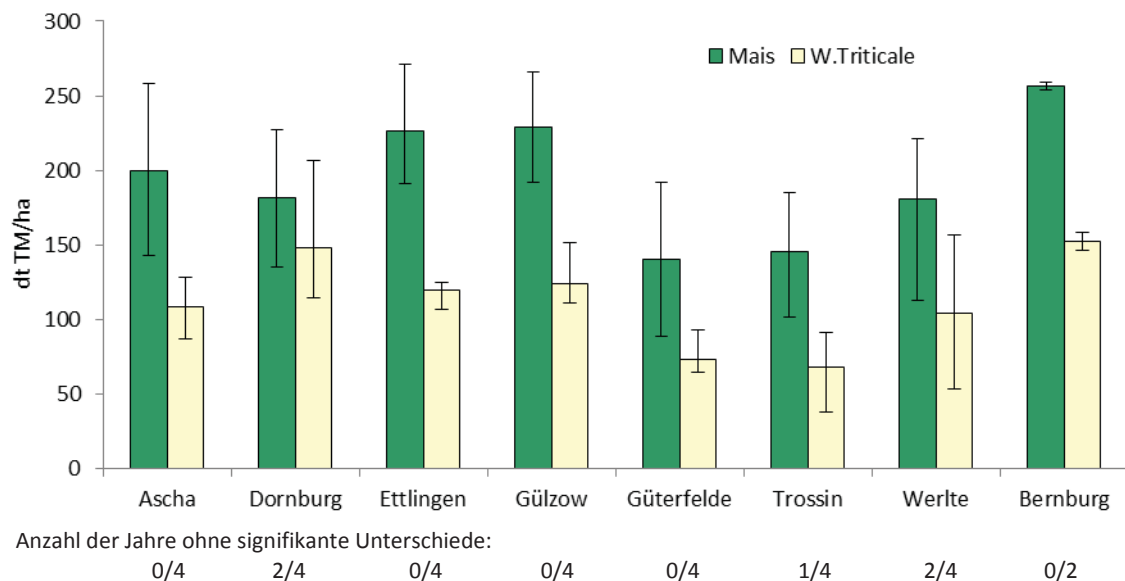


Abbildung 18: Vergleich von W.Triticale (FF04/05) und Mais (FF03), 4-jährig. Fehlerbalken geben das jeweilige Minimum und Maximum der Prüfglieder/ Einzeljahre an.

Zusammenfassend:

- W.Triticale als Ganzpflanze kann auf „Getreidestandorten“ hohe Erträge von deutlich über 150 dt TM/ha erzielen.
- Getreide-GPS ist im Mittel der Jahre Mais ertraglich auf allen Standorten unterlegen. Ähnliche Ertragsniveaus sind auf Standorten mit hohem Getreideertragsniveau und vergleichsweise geringerem Maisertragsniveau erreichbar (Dornburg gute Getreideerträge bei moderaten Maiserträgen durch kühl-trockene Sommerwitterungen)
- W.Getreidearten sind ertragsstärker als Sommerformen. Hafer ist aufgrund der Ertragsleistungen am Standort Dornburg und der positiven Eigenschaften als „Gesundungsfrucht“ auf vergleichbaren Lagen weiter zu prüfen. Auf Sommertrockenen Diluvialstandorten sind wegen der hohen Ausfallrisiken und geringer Ertragserwartungen Sommergetreidearten nicht anbauwürdig.
- Frühes Räumen der Getreide-GPS macht nachfolgenden Anbau von wertvollen Sommerzwischenfrüchten möglich.

5.2 Ertragsleistungen und standortspezifische Vorzüglichkeiten der Kulturen

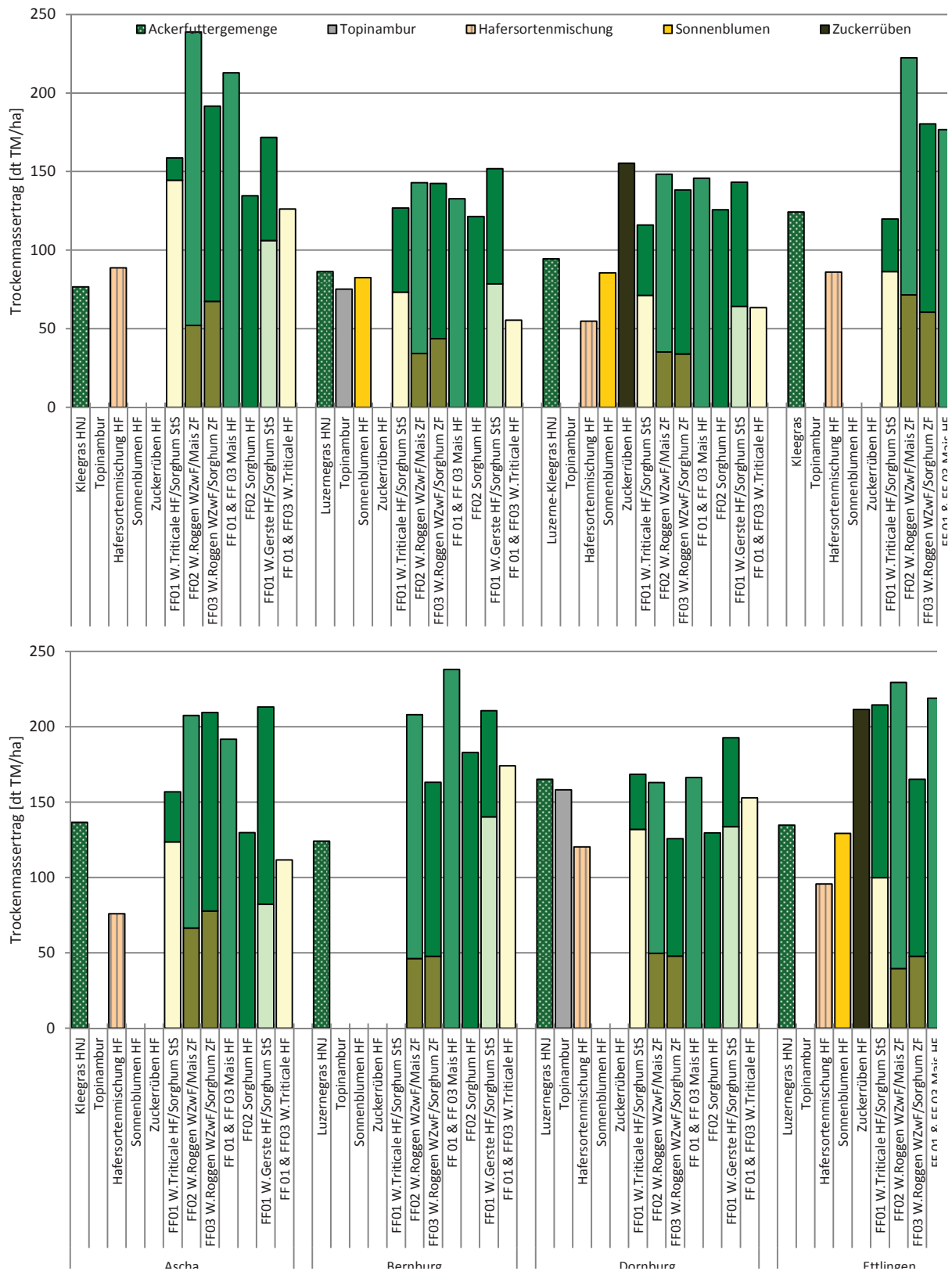


Abbildung 19: Erträge ausgewählter Kulturen und Kulturabfolgen, Mittel 1.-4. Anlage

Für die einzelnen Kulturen sind unterschiedliche standörtliche Ertragsniveaus anzunehmen, somit ergeben sich für die Standorte verschiedenen Vorzüglichkeiten der Fruchtarten und Fruchtfolgekombinationen um das maximale Standortpotential auszuschöpfen. Dies spiegelt sich ebenfalls in den unterschiedlichen Anteilen der jeweiligen Kulturen am Ertrag in den geprüften Zweikultursystemen wieder. An „klassischen“ Getreidestandorten wie Dornburg, Bernburg und Gülzow sind beispielsweise die Ertragsanteile in Fruchtfolge 01 in Richtung des W.Gerste-GPS verschoben (>60%), demgegenüber stehen Ertragsanteile von über 60% für Sorghum in Ettlingen und Ascha. Setzt man die Erträge der geprüften Kulturen ins Verhältnis zur standortbezogenen Ertragsleistung von Mais zeichnen sich Mehrleistungen oder vergleichbare Leistungen für verschiedene Anbauoptionen ab. Standortspezifisch erreichen die geprüften Fruchtfolgekombinationen und Einzelkulturen höhere Flächeneffizienzen als die Referenz Mais.

Unter Berücksichtigung der möglicher Optimierungsmöglichkeiten (Vgl. 6.1), der spezifischen Gasausbeuten der Substrate und der durch die Kulturen erfüllbaren Funktionen (anbautechnische Funktion, phytosanitäre Funktion, Ressourcenschutzfunktion, landeskulturelle Funktion oder betriebswirtschaftliche Funktion) ergeben sich für die Praxis vielfältige Anbauoptionen. Arten- und Sortenwahl sollten entsprechend der Standortbedingungen und der Fruchtfolge erfolgen, um die gewünschten Ertragsleistungen und Substanzqualitäten zu gewährleisten. In der praktischen Fruchtfolgeplanung stehen somit vielfältige Möglichkeiten zur Diversifizierung und Aufweitung von Energiepflanzen- und Marktfruchtfolgen bereit.

			Ascha	Bernburg	Dornburg	Ettlingen	Gülzow	Güterfelde	Trossin	Werte
Luzernegras FF04/05	Hf	GP		52 %	99 %	62 %		65 %		
Topinambur	Hf	GP			95 %			57 %		
Sorghum FF02	Hf	GP	68 %	77 %	78 %	72 %	63 %	91 %	86 %	63 %
Sorghum FF03	ZF	GP	69 %		47 %	56 %	63 %	81 %	59 %	68 %
Mais FF01 & FF03	Hf	GP	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Mais FF02	ZF	GP	71 %	67 %	68 %	90 %	88 %	88 %	78 %	93 %
W.Gerste FF01	Hf	GPS	43 %	59 %	80 %	58 %	50 %	59 %	44 %	49 %
W.Gerste, W.Triticale, W.Weizen	Hf	GPS			94 %					
W.Triticale FF01 & FF03	Hf	GPS	58 %	73 %	92 %	40 %	59 %	42 %	43 %	58 %
Zuckerrüben	Hf	Körper geköpft				97 %			107 %	
W.Triticale/Sorghum FF01	2cult	GPS/GP	82 %		101 %	98 %	74 %	96 %	79 %	
Grünschnittroggen/Mais FF02	2cult	GP	108 %	87 %	98 %	105 %	112 %	108 %	102 %	126 %
W.Grünschnittroggen/Sorghum FF03	2cult	GP	109 %	69 %	76 %	83 %	90 %	107 %	95 %	102 %
W.Gerste/Sorghum FF01	2cult	GPS/GP	111 %	88 %	116 %	105 %	81 %	114 %	98 %	104 %

5.3 Fruchtfolgewirkungen und Vorfruchtwirkungen

Der Begriff Fruchtfolgewirkungen umfasst verschiedene Effekte, die aus den Entscheidungen zum Anbauverhältnis der angebauten Kulturarten und deren zeitlicher Abfolge auf der Fläche resultieren. Üblicherweise werden Wirkungen, die der Anbau von Fruchtarten auf Ertrag und Qualität von nachfolgenden Fruchtarten hat, in direkte und indirekte Fruchtfolgewirkungen unterschieden (z. B.: Könnecke, 1967, Freyer, 2003):

- Die direkte Vorfruchtwirkung umfasst die Effekte, die von einer Vorfrucht auf die nachfolgend angebaute Fruchtart (Nachfrucht) ausgehen.
- Die indirekte oder auch akkumulative Vorfruchtwirkung umfasst die Summenwirkung der Einflüsse, aller in einer Fruchtfolge angebauten Fruchtarten auf eine angebaute Fruchtart.

Eine Vielzahl von Wirkmechanismen und Mechanismengruppen beeinflussen die Ertragsbildung der Fruchtarten innerhalb der Fruchtfolge. Dabei wird auf kurzfristige und langfristige Auswirkungen durch komplexe Entscheidungszusammenhänge in der Praxis Einfluss genommen. Als ausgewählte Wirkkomplexe sind zu nennen:

- Phytosanitärer Status
 - Mögliche Akkumulation bestimmter Schaderreger oder -gruppen begünstigt durch nachteilige Vor- Nachfruchtkombinationen
 - Pilzliche Schaderreger,
 - Bakterielle Schaderreger
 - Viren,
 - Nematoden
 - Begünstigung der Verbreitung von Unkräutern und weiteren tierischen Schädlingen, die in bestimmten Fruchtarten(-gruppen) gute Vermehrungsbedingungen vorfinden.
- Beeinflussung des Bodenzustandes am Standort
 - Nährstoffwirkung und „residual nutrients“
 - Humuswirkung
 - Wirkung auf Wasserverfügbarkeit (z. B. starke Ausschöpfung von Bodenwasser durch Vorfrucht)
 - Wirkung auf Bodengefüge, Bodenstruktur und Porenvolumen: (Garefördernde Fruchtarten oder Strukturbeschädigungen durch Bewirtschaftungsmaßnahmen)
 - Wirkungen auf Saatbettbedingungen
 - Effekte auf Bodenmikrobiologie (z.B. durch Förderung „Rhizobakterien“)
- Betrieblich – arbeitswirtschaftliche Effekte
 - Möglichkeiten einer optimalen Terminierung von Maßnahmen
 - Verschiebung von Saat- und Erntezeitpunkten und weiteren Bewirtschaftungsmaßnahmen
 - Interaktion von Maßnahmen (z. B. mehr/ andere Maßnahmenkombinationen der Bestandesführung) mit oben genannten Fruchtfolgeeffekten zum Ausgleich negativer Effekte

Dabei wird sind die einzelnen Wirkungen in der Praxis und in der Ergebnisauswertung der Versuche schwer voneinander zu trennen, vielmehr sind verzahnte Wirkungen und induzierte Effekte zu beobachten. Im folgenden Kapitel soll bei der Ergebnisdarstellung zunächst auf direkte, d. h. kurzfristige Fruchtfolgeeffekte auf das Abschlussfruchtfolgeglied eingegangen werden, um dann zu prüfen, inwiefern längerfristige Wirkungen von Bedeutung sein können.

5.3.1 Erträge des Abschlussfruchtfolgegliedes

Anhand des abschließend an den Standorten einheitlich geprüften Fruchtfolgegliedes Winterweizen sind die Fruchtfolgewirkungen zu bewerten. Damit soll die Tatsache aufgegriffen werden, dass mit einem steigenden Anbau von Energiepflanzen auch Effekte für den Anbau von Marktfrüchten zu erwarten sind, von denen Winterweizen in Deutschland zweifelsohne die größte Bedeutung hat.³

Im Folgenden steht eine Darstellung von Relativ-Erträgen dieses Abschlussfruchtfolgegliedes im Vordergrund. Realerträge sind in Anhang 1c und den Standortberichten detailliert aufgelistet. Mit diesem Vorgehen soll ein Vergleich der Standorte und Versuchsanlagen (1-4) möglich gemacht werden. Standort und Jahreswirkungen werden somit weitestgehend ausgeschlossen. Somit wird ein Vergleich der geprüften Fruchtartenkombinationen und Fruchtfolgen unabhängig von den sich unterscheidenden Ertragsniveaus an den Standorten möglich.

Vergleich von Vorfruchtwirkungen unterschiedlicher Fruchtarten und Fruchtfolgen

Anhand der Ergebnisse der vier abgeschlossenen Rotationen (2008, 2009 und 2012, 2013) lässt sich der hohe Vorfruchtwert von Winterraps im Vergleich zu den anderen Vorfrüchten hervorheben. Im Mittel der Standorte erzielte der nachfolgende Winterweizen (bzw. Winterroggen) einen Relativ-Ertrag von 106%⁴. Mit Blick auf die Standorte waren in Güterfelde und Ascha durchgängig überdurchschnittlich hohe Werte von 111% und 109% festzustellen, während Trossin, Werlte und Ettlingen unterdurchschnittliche Effekte durch den Winterraps aufwiesen (Vgl. Tabelle 9).

Nur eingeschränkt positive Effekte konnten nach Umbruch des mehrjährigen Ackerfutters beobachtet werden. Die unterdurchschnittlichen Erträge des W.Weizen bzw. W.Roggen nach mehrjährigen Ackerfutter (FF04/05) an einigen Standorten (z. B. Werlte, Trossin) sind nicht vollständig durch die intensive Bodenwasserausschöpfung der Vorfrucht zu erklären. Deutlich positive Effekte konnten nur in Ettlingen und im Jahr 2008 am Standort Gülzow aufgezeigt werden. Im Mittel der Versuchsanlagen wurden keine positiven Vorfruchtwirkungen in FF04/05 auf W.Weizen (W.Roggen) festgestellt. Zeitlich verzögerte positive Auswirkungen lassen sich nicht eindeutig nachweisen. Für die nachfolgenden Kulturen der Folgerotation (Haferartenmischungen- W.Triticale) standen dennoch an mehreren Standorten (u.a. Ascha, Dornburg, Ettlingen) mit vergleichbar höhere Erträgen zu Ernte.

Direkte Vorfruchtwirkungen lassen sich in Fruchtfolge 02, d. h. nach der Vorfrucht W.Triticale mit Kornnutzung nachweisen. Im Mittel der Standorte und Anlagen liegt der Relativ-Ertrag des Winterweizens in dieser Fruchtfolge bei 95%. Besonders stark ausgeprägt war dieser Effekt am Standort Ascha und im Jahr 2008 in Dornburg, Gülzow und Werlte und im Jahr 2012 an den Standorten Gülzow und Dornburg. In 2009 war die Vorfruchtwirkung geringer ebenso war diese an den Standorten Trossin und Güterfelde weniger stark ausgeprägt. Hier ist dies durch geringeren Anfälligkeit von W.Roggen gegenüber typischen Getreidekrankheiten und -Schadkomplexen (Anlage 1c).

³ Auf den ertragsschwächeren Standorten Ostdeutschlands kommt dem Winterroggen eine höhere Anbaubedeutung zu, weshalb dieser auf diesen Standorten anstelle von Winterweizen angebaut wurde.

⁴ Bezugsbasis: Mittlerer Ertrag des Weizens nach Fruchtfolgen 1-5 je Standort und Jahr.

In den Fruchtfolgen 01 und 03 kann nach die Fruchtfolgekombination aus W.Triticale-GPS und nachfolgend angebauten Sommerzwischenfrüchten (FF01 1.-2.Anlage: Sorghum 3.-4.Anlage: Phacelia (GD); FF03 einj. Weidelgras) keine Vorfruchtwirkung festgestellt werden (Realtiverträge FF01 99%, FF02 100%). Die nachgewiesene schlechte direkte Vorfruchtwirkung von W.Triticale (FF02) wird durch die positiven Vorfruchtwirkungen der Zwischenfrüchte aufgehoben, es werden aber nicht wie in der Literatur z. B. bei Freyer (2003) beschriebene Mehrerträge erzielt. In Hinsicht auf enge Getreidefruchtfolgen in einigen Regionen mit Stoppelweizenanbau (W.Weizen nach W.Weizen) sind entsprechende Auflockerungen bei Berücksichtigung der gegebenen Rahmenbedingungen (Wasserhaushalt, Saatbettbeschaffenheit, Schaderregerdruck usw.) wünschenswert. Neben den phytosanitären Wirkungen sind durch den Zwischenfruchtanbau positive Effekte auf Bodeneigenschaften, Agrarlandschaftsstruktur und entsprechend auf ökologische Eigenschaften (z.B. Habitategnung, Nährstofffixierung, Erosionsanfälligkeit) zu beobachten.

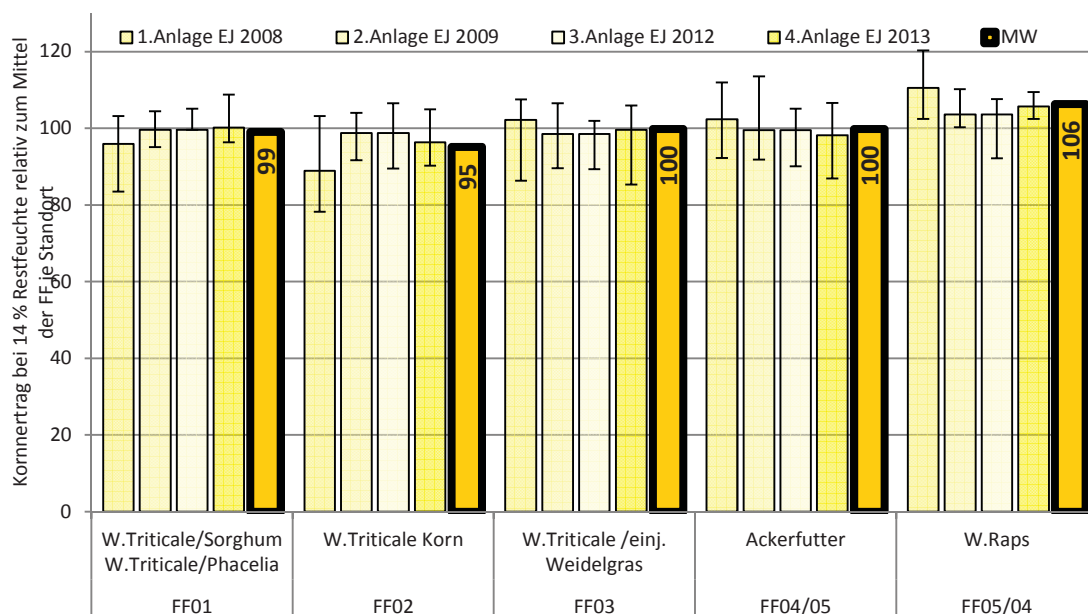


Abbildung 20: Mittlerer Kornertrag W.Weizen relativ zum Mittel der Fruchtfolgen 01-05 je Standort, Fehlerbalken: Minimum und Maximum aller Standorte (bzw. bei MW Gesamt auch Jahre)

Bei weiterführenden Untersuchungen im EVA-Projekt einer Arbeitsgruppe mit Beteiligung der Universität Rostock (Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät, Phytomedizin, Prof. Gerowitt) und der Universität Göttingen (Forschungs- und Studienzentrum Landwirtschaft und Umwelt, Pflanzenpathologie und Pflanzenschutz) konnten Vorfruchtwirkungen anhand von Bonituren auf ausgewählte Halmbasis- und Wurzelpathogene unterstrichen werden (Vgl. Abbildung 21). Halmbbruchkrankheit und Schwarzbeinigkeit sind als typische Fruchtfolgekrankheiten in engen Getreidefruchtfolgen zu charakterisieren, wobei durch die Schaderreger eine Minderung der Leistungsfähigkeit der Pflanzen und damit eine mögliche Ertragsverringerung bewirkt werden kann. In Fruchtfolge 02 (W.Triticale als Vorfrucht) waren die entsprechenden Bonituren insgesamt am auffälligsten, auch in den Fruchtfolgen 01 und 03 (W.Triticale/ SZwF als Vorfruchtkombination) lassen die vergebenen Boniturnoten einen verstärkten Krankheitsdruck durch *Pseudocercospora herpotrichoides* und *Gaeumannomyces*

myces graminis tritici vermuten. Weiterführende Untersuchungsergebnisse sind im Anhang ... ausgeführt.

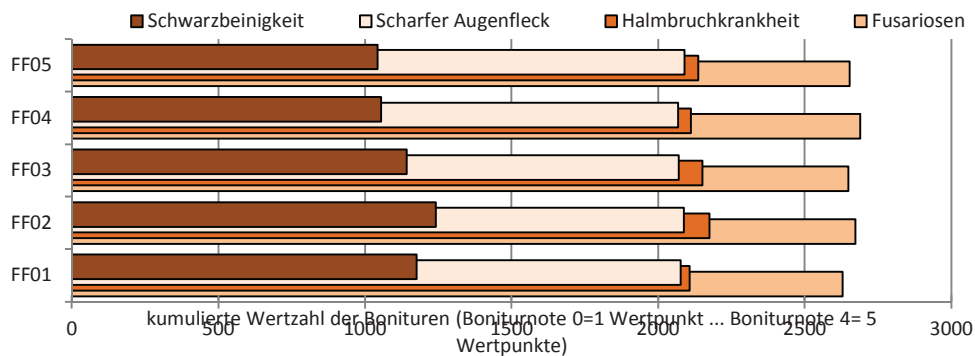


Abbildung 21: Darstellung kumulierter Wertzahlen aus Boniturnoten verschiedener Pathogene (Boniturnote 0=1 Wertpunkt ... Boniturnote 4=5 Wertpunkte) aus Boniturnoten an Probenmaterial Erntejahre 2008 und 2009 aller Standorte (Lindenhof und Bernburg noch nicht beteiligt)

Auch erhobene Bonitur- und Bestandesdaten bestätigen die Bestimmungsgründe dieser beobachteten Effekte (Anlage 1d). Demnach begünstigen u.a. die Bodenstrukturen und die gute Stickstoffverfügbarkeit nach Winterraps die bessere Entwicklung und eine hohe Anzahl ährentragender Halme und daraus folgend höhere W.Weizen- bzw. W.Roggenerträge in FF05/04. In Fruchtfolge 04/05 kann die Entwicklung der Bestände durch vergleichsweise schlechtere Saatbettbedingungen, die verringerte Stickstoffverfügbarkeit durch die Aufweitung des C/N- Verhältnisses (org. Masse der Wurzelrückstände) und die hohe Bodenwasserausschöpfung eingeschränkt sein, so dass entgegen der Erwartungen keine Vorfruchtwirkung festgestellt werden kann.

Die Analysen von Proben auf Belastungen mit den Fusariumtoxinen (Desoxynivalenol (DON) und Zeraleon (ZEA) bestätigt die Grundaussagen aus EVA I. So ist der Effekt von Standort und Jahr deutlich stärker ausgeprägt als der Effekt der Vorfruchtwirkungen, dies verdeutlichen auch die festgestellten Mykotoxinbelastungen DON am Standort Ettlingen in 2012 und Trossin in 2013 (Vgl. Abbildung 22) und das unterschiedliche Gesamtaufkommen (2012 14 PG; 2013 36 PG). Auffallend höhere Werte mit $\geq 900 \mu\text{g}$ DON/kg TM wurden in den FF06, FF08 und FF09 (Vorfrucht Mais) in Ettlingen im Jahr 2012 festgestellt, hier zeigt sich Mais als „Risikovorfrucht“ in Jahren mit ausgeprägter Befallsituation.

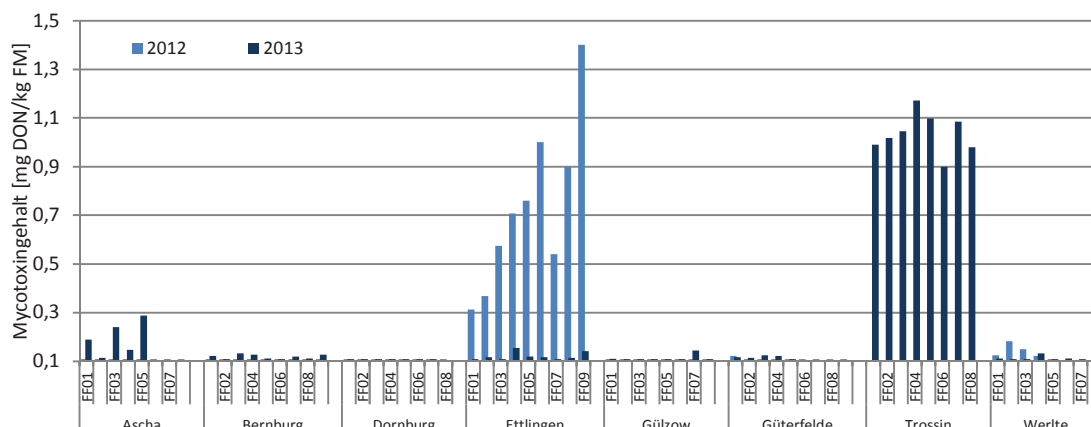


Abbildung 22: Belastung von Kornproben des Abschlussfruchtfolgeglied W.Weizen/ W.Roggen 3.Anlage 2012 und 4.Anlage 2013 mit DON (Nachweisgrenze 0,11 mg DON/ kg TM)

Tabelle 9: Erträge von W.Weizen relativ zum Mittel FF01-05 je Standort, FF01 -05, 1.-4.Anlage

	Fruchtfolge	FF01	FF02	FF03	FF04/05	FF05/04
	Vorfrucht	EVA I: W.Triticale/Sorghum EVA II: W.Triticale/Phacelia	W.Triticale (Korn)	W.Triticale/ einj. Weidelgras	Standortangepasste Ackerfuttermischung	W.Raps (Korn)
Ascha	1.Anlage	96	83	101	103	117
	2.Anlage	103	92	100	98	108
	3.Anlage	106	87	101	97	110
	4.Anlage	109	90	101	91	109
	MW	103	88	101	97	111
Bernburg	1.Anlage					
	2.Anlage					
	3.Anlage	98	98	101	104	99
	4.Anlage	98	99	99	100	103
	MW	98	99	100	102	101
Dornburg	1.Anlage	96	84	108	92	120
	2.Anlage	100	103	97	100	100
	3.Anlage	100	89	96	104	110
	4.Anlage	97	102	85	107	109
	MW	98	94	97	101	110
Ettlingen	1.Anlage	83	103	102	109	102
	2.Anlage	95	96	90	114	106
	3.Anlage	91	102	99	103	105
	4.Anlage	100	90	105	102	102
	MW	92	98	99	107	104
Gülzow	1.Anlage	97	78	106	112	107
	2.Anlage	104	101	97	98	101
	3.Anlage	103	89	102	100	106
	4.Anlage	98	96	98	102	105
	MW	101	91	101	103	105
Güterfelde	1.Anlage	97	103	86	100	114
	2.Anlage	104	94	99	92	110
	3.Anlage	98	99	90	105	108
	4.Anlage	96	98	102	97	107
	MW	99	98	94	99	110
Trossin	1.Anlage	97	102	100	98	104
	2.Anlage	97	104	107	92	101
	3.Anlage	99	103	97	95	105
	4.Anlage	99	105	106	87	103
	MW	98	104	103	93	103
Werlte	1.Anlage	103	86	104	103	104
	2.Anlage	95	100	102	101	102
	3.Anlage	103	103	102	88	104
	4.Anlage	104	94	100	94	108
	MW	101	96	102	96	104
alle Standorte	1.Anlage	95	91	101	102	110
	2.Anlage	100	99	99	99	104
	3.Anlage	100	96	99	99	106
	4.Anlage	100	97	100	98	106
	MW	99	95	100	100	106

	Relativertrag < 95 %
	Relativertrag > 110 %

Bei Betrachtung der Ergebnisse der regionalspezifisch geprüften Fruchtfolgen zeigen sich günstige Fruchtfolgeeffekte von Sorghum (besonders ausgeprägt an den Standorten Ascha und Güterfelde), Topinambur, Kartoffel und z. T. auch Mais, während sich W.Weizen und andere Getreidearten (siehe z. B. Standort Werlte) erwartungsgemäß als ungünstige Vorfrüchte für Winterweizen erweisen.

Zusammenfassend:

- Vorfruchtwirkungen auf die Erträge von W.Weizen lassen sich nachweisen.
- Positive Vorfruchtwirkung in Fruchtfolge 05/04 mit W.Raps als direkte Vorfrucht (mittlerer Relativ-Ertrag von 106%).
- Negative Vorfruchtwirkung in Fruchtfolge 02 mit W.Triticale zur Kornnutzung als direkte Vorfrucht (Mittlerer Relativ-Ertrag von 95%). Auch andere Wintergetreidearten zeigen sich insgesamt als ungünstige Vorfrüchte. Der Anbau von Sommerzwischenfrüchten nach Getreide-GPS (FF01, FF03) kann die direkten Vorfruchtwirkungen von W.Getreide mindern.
- Mais und weitere Kulturarten weisen insgesamt eine neutrale bis leicht positive Vorfruchtwirkung auf den W.Weizenerträge auf. Durch das mehrjährige Ackerfutter (FF04/05) konnte in der 1.-4.Anlage keine positive Vorfruchtwirkung festgestellt werden. Für eine Bewertung müssen längerfristige Effekte auf die Ertragsbildung der Fruchtfolgen und auf weitere Wirkkomplexe (Humushaushalt, Bodenzustand, phytosanitärer Zustand Beachtung finden.
- Eine Unterscheidung zwischen Direkten und Indirekten Vorfruchtwirkungen ist nicht eindeutig möglich.

5.3.2 Vergleich der Wirkungen unterschiedlicher Vorfrüchte auf W.Triticale (GPS)

W.Triticale wurde in den Jahren 2007, 2008, 2011 und 2012 in den Fruchtfolgen 01 und 03 und in den Jahren 2006, 2007, 2010 und 2011 in Fruchtfolge 05/04. Damit folgte der Anbau auf Mais (Fruchtfolge 01), auf die Fruchtfolgekombination Grünschnittroggen/Sorghum (Fruchtfolge 03) und auf Hafersortengemische (GPS) (Fruchtfolge 04/05). Mit dieser Vergleichsbasis können Aussagen über die Vorfruchteigenschaften der Fruchtarten Mais, Sorghum und Hafer für W.Triticale getroffen werden. Da eine direkte Gegenüberstellung der Varianten nicht in allen Jahren möglich ist, erfolgt der Vergleich zunächst orthogonal für Mais und Sorghum. Hierzu liegen vierjährige Ergebnisse der Versuchsstandorte vor (2007, 2008, 2011 und 2012). Anschließend wird ein orthogonaler Vergleich von Mais und Hafer (GP) als Vorfrucht vorgenommen, für den zweijährige Ergebnisse (2007 und 2011) vorliegen.

Mais gegenüber Sorghum

Der Ertrag von W.Triticale lag im Mittel aller Standorte nach Sorghum um 4,4 dt TM unter dem von W.Triticale nach Mais. In einigen Fällen führte die spätere Abreife und Ernte von Sorghum zu einer Verzögerung der nachfolgenden W.Triticaleaussaat im Vergleich zur Aussaat nach Maisernte. Für die vier Standort-Jahr Kombinationen mit einer Saatzeitverschiebung von etwa 14 Tagen ergaben sich signifikante Ertragseinbußen. (vgl. Abbildung 23).

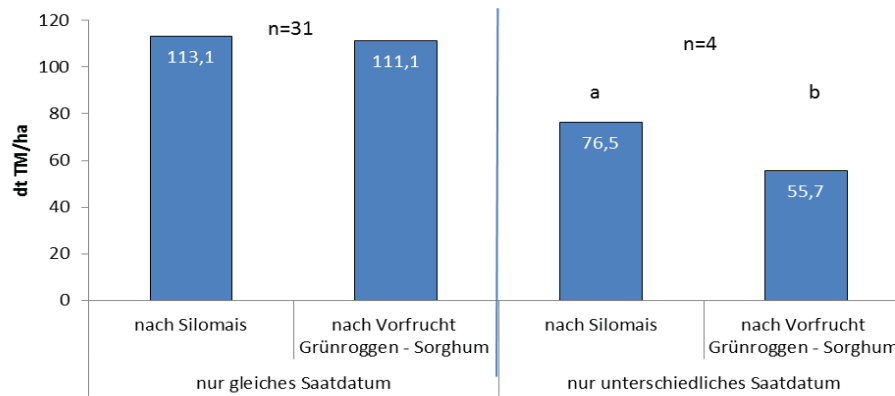


Abbildung 23: Trockenmasseerträge (dt TM/ha) von W.Triticale (GPS) nach Mais und Sorghum. n=Anzahl der Prüfglieder, Werte der Jahre 2007, 2008, 2011, 2012, alle Versuchsstandorte, unterschiedliche Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede

Mais gegenüber Hafer

Bei dem Vergleich der Vorfruchtwirkungen von Mais und Hafer auf W.Triticale zeigt sich mit 7,1 dt TM/ha im Ertrag ebenfalls ein Unterschied. Im Gegensatz zu dem bei Sorghum und Mais beobachteten Unterschied lässt sich dieser jedoch nicht aus unterschiedlichen Saatdaten erklären. So zeigte sich in den Fällen, in denen W.Triticale nach Hafer bereits früher gedreht werden konnte einen ähnlichen Vorteil (6,9 dt TM⁵), wie die Fälle, in denen beide Prüfglieder zum gleichen Termin etabliert wurden (7,3 dt TM⁶). In den Fällen mit zeitlich unterschiedlicher Etablierung handelte es sich ebenfalls um einen Unterschied von etwa 14 Tagen.

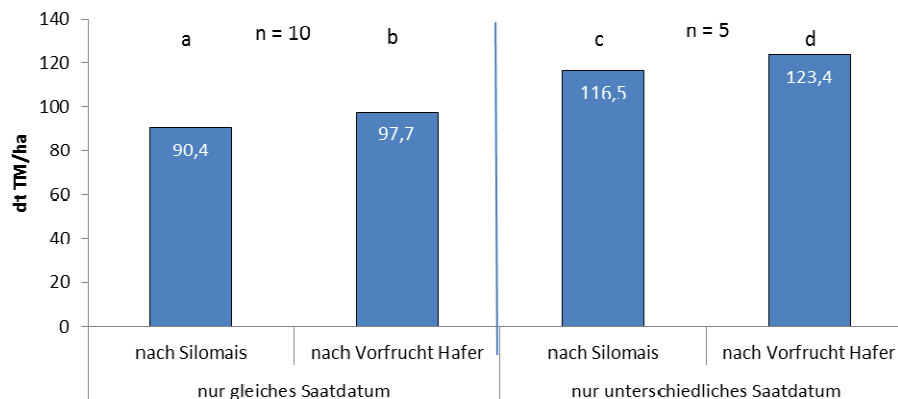


Abbildung 24: Trockenmasseerträge (dt TM/ha) von W.Triticale (GP) nach Mais und Hafer; n=Anzahl Prüfglieder, 2007 und 2011, alle Versuchsstandorte, , unterschiedliche Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede

Die Unterschiede zeigten sich bereits in der Vor-Winter-Entwicklung der Bestände. Demnach zeigten die Varianten, bei denen Mehrererträge nach der Vorfrucht Hafer zu beobachten waren auch signifikant höhere Keimpflanzenanzahlen/m². Im Mittel handelte es sich um etwa 10%,

⁵ Signifikanter Unterschied bei $\alpha = 0,05$, Konfidenzintervall 0,4 – 13,2 dt TM.

⁶ Signifikanter Unterschied bei $\alpha = 0,05$, Konfidenzintervall 1,5 – 13,1 dt TM.

d.h. 35–40 Pfl./m².⁷ Hier bestätigt sich die Wirkung von Hafer als Gesundungsfrucht in Getreidefruchtfolgen (Lütke Entrup, et al., 2011). Zusätzlich wirken bessere Saatbettqualitäten und höhere Bodenwasserverfügbarkeiten nach Hafer positiv auf die Keimung und nachfolgende Pflanzenentwicklung.

Zusammenfassend:

- Bei den geprüften Vorfrüchten Sorghum, Mais und Hafer lässt sich eine Reihenfolge der Vorfruchteffekte auf W.Triticale ableiten:
Hafer > Mais > Sorghum
- Für die unterschiedlich stark ausgeprägten Vorfruchtwirkungen von Mais und Sorghum lassen sich aus etablierungsbedingten Ertragsrisiken ableiten. Die zeitlich abweichenden Erntedaten bedingt durch die spätere Abreife von Sorghum, führen in engen Fruchtfolgen zu späteren Aussaaten verbunden mit den entsprechenden Etablierungsrisiken.
- Die signifikant besseren W.Triticaleerträge nach Hafer gegenüber Mais lassen sich auf die positive phytosanitäre Wirkung der Haferwurzelexsudate auf Wurzelfäuleerreger („Gesundungsfrucht“) und die teilweise günstigeren Saatbett- und Bodenwasserbedingungen zurückzuführen.
- Die Vorfruchteffekte zeigen sich durch Unterschiede im W.Triticale-GPS-Ertrag im einstelligen. Der Ertragsunterschied zwischen Sorghum und Hafer als Vorfrucht von Wintergetreide kann somit bis zu 10 % betragen.

⁷ Ausgewertet für Standorte Dornburg, Gülzow, Ettlingen, Werlte und Trossin.

5.3.3 Exkurs: Korn-Stroh- bzw. Korn-Ganzpflanzenverhältnisse

Weiser, C.; Strauß, C.

An den unterschiedlichen Standorten wurde neben den Kornerträgen auch das Nebenprodukt Stroh gewichtsmäßig erfasst. Bei einem Vergleich der Verhältnisse von Haupt- zu Nebenprodukt zeigen sich sehr starke Unterschiede zwischen den Standorten. So streuen die Harvest-Indizes (Hauptprodukt geteilt durch erntbare Gesamtmasse) sehr stark und lassen die Vermutung zu, dass an den Standorten mit geringeren Bodenwertzahlen (Güterfelde, Trossin, Werlte und Ascha) tendenziell höhere Werte (d. h. geringere Strohmenngen im Verhältnis zum Korn), an den Standorten mit höherer Bodengüte (Ettlingen, Dornburg und Gülzow) in der Tendenz geringere Werte im Verhältnis zu den in der Düngeverordnung angegebenen Richtwerten (d. h. höhere Strohmenngen) vorliegen.

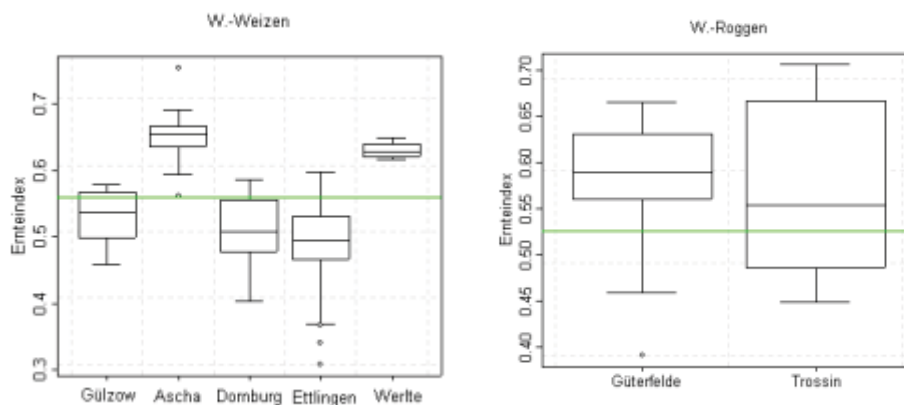


Abbildung 25: Harvest-Indizes (HI) aus Parzellendaten der Fruchtarten Winterroggen (n = 56), Winterweizen (n = 164), Winterweizen (n = 286) an den EVA – Versuchsstandorten (die grüne Hilfslinie stellt den HI-Wert der DüV dar)

Auch für W.Triticale wurden derartige Harvest-Indizes erhoben (Fruchtfolge 2). Durch Gegenüberstellung mit Fruchtfolge 3 konnte ebenfalls ein Bezug dieser Kornerträge zu den Erträgen der in der Milch- bzw. beginnender Teigreife gehäckselten Ganzpflanzen erfolgen.

So zeigt sich auch bei den Harvest-Indizes von W.Triticale eine vergleichsweise starke Variation zwischen den Standorten. Auffallend sind ebenfalls die hohen Schwankungen der Harvest-Indizes an den einzelnen Standorten zwischen den Jahren. Gleiches wird auch bei einer Gegenüberstellung von Ganzpflanzen- und Kornertrag ersichtlich. Große Schwankungen zwischen den Jahren sind vor allem an den trockeneren Standorten Trossin, Güterfelde, Bernburg und Dornburg, unabhängig von dem jeweiligen Ertragsniveau, zu beobachten. Neben Jahren mit hohen GPS-Erträgen und vergleichsweise geringen Kornerträgen (unter der Regressionsgerade) zeigen sich ebenfalls Jahre mit vergleichsweise geringen GP-Erträgen und hohen Kornerträgen (über der Regressionsgerade). Dies deutet auf eine vergleichsweise hohe Variation der in der vegetativen und generativen Phase gebildeten Pflanzenteile hin.

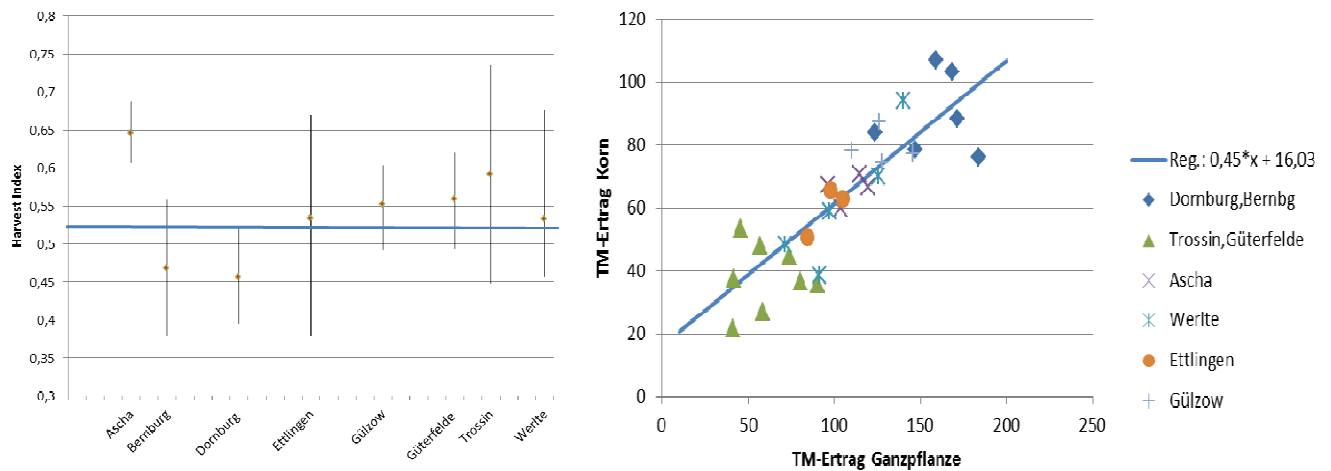


Abbildung 26: Relativ-Erträge – Harvest-Index (Fruchtfolge 2, 4-jährig, mit Ausnahme Bernburg und Trossin jeweils 2-jährig), Min/Max der Jahre (links), Gegenüberstellung von Korn- und GPS-Erträgen (Fruchtfolge 3) (rechts)

Zusammenfassend:

- Aus den Erträgen von angebauten Druschfrüchten und deren Nebenprodukten lässt sich der Ansatz unterstützen, dass aktuelle deutschlandweite Richtwerte für Hauptprodukt- Nebenprodukt- Verhältnisse einer stärkeren regionalen Differenzierung bedürfen.
- Witterungsabhängig zeigt sich insbesondere an den von Sommertrockenheit betroffenen ostdeutschen Standorten eine starke Variation der Ertragswerte von Hauptprodukt Korn zu Restpflanze. In Zukunft wird im Rahmen des Projektes „Harvest-Index und Humusbilanz“⁸ der Frage weiter nachgegangen, wobei unter anderem auch Werte aus dem EVA–Verbund ausgewertet werden.

5.3.4 Selbstfolgestabilität des Maisanbaus

An den Standorten Dornburg und Werlte wurden in EVA I und EVA II und in Bernburg in EVA II Fruchtfolgen mit jährlichem Maisanbau-Abschlussfruchtfolgeglied W.Weizen angebaut, Der Vergleich der Maiserträge bei Maisselbstfolge (bzw. Selbstfolge WZwF-Mais) mit Mais nach anderen Kulturen zeigt, dass bei den geprüften Selbstfolgen der Jahres- und Standorteinfluss wesentlich höher als der Fruchtfolge- bzw. Selbstfolgeeinfluss zu bewerten war. In Maisselbstfolgen der durchgeführten EVA-Fruchtfolgeversuche ist keine signifikante Ertragsdepressionen zu beobachten. In der Untersuchung wurden nur Prüfglieder mit vergleichbarer Bestandesführung (FF-Stellung, Sortenwahl, Erntezeitpunkt) in den jeweiligen Jahren an den Standorten berücksichtigt.

⁸ „Erfassung und Bewertung der Einflüsse auf den Strohertrag als wesentliche Größe für den aus dem landwirtschaftlichen Stoffkreislauf zur energetischen Verwertung entnehmbaren Kohlenstoff“ FNR – Förderkennziffer 22402311.

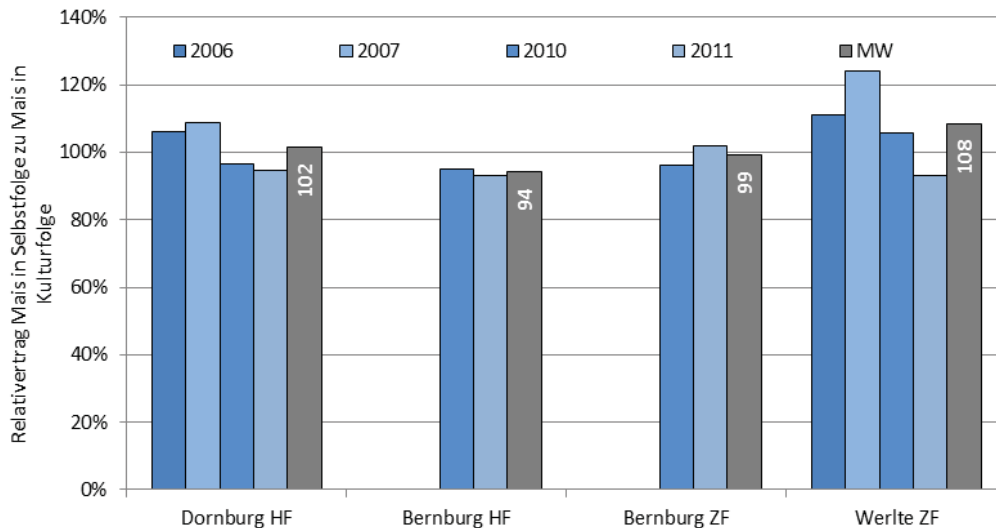


Abbildung 27: Vergleich Relativerträge Mais in Selbstfolge gegenüber Mais in Kulturfolge (100%)

Ein vermehrtes Auftreten von Maisschaderregern und Maiskrankheiten in den Selbstfolgekulturen kann anhand der aufgenommenen Bestandesdaten und Bonituren nicht festgestellt werden. Anzumerken bleibt, dass in engen Maisfruchtfolgen bzw. Maisselbstfolgen durch verstärktes Auftreten von Fruchtfolgekrankheiten und Schaderregern zur Ertragssicherung PSM-Mehraufwendungen notwendig werden können. Die stattfindende Unkrautselektion zugunsten von Sommerkeimern und von aufgrund vorhandener Wirkstofflücken nicht erfasster Unkräuter macht zunehmend häufigere Anwendungen notwendig. Resistenzerscheinungen machen zusätzliche Fungizidbehandlungen mit einem entsprechenden Resistenzmanagement notwendig (Fusarien, Blattfleckenkrankheiten), Tierische Schädlinge wie z.B. Maiszünsler und Drahtwürmer können zusätzlich durch Maisselbstfolgen begünstigt werden.

5.3.5 Fruchtfolgewirkungen nach Anbau von mehrjährigem Ackerfutter

In den bisher abgeschlossenen Versuchsrotationen zeigte mehrjähriges Ackerfutter vergleichsweise geringe Vorfruchtwirkungen auf den Winterweizen (vgl. Kap. 5.3.1). Neben den bekannten positiven Vorfruchtwirkungen (N-Fixierung, Humusakkumulation, Verbesserung Bodenstruktur und -gefüge, Nützlingsförderung, Unkrautunterdrückung, Steigerung mikrobielle Aktivität) können die verbleibenden Wurzelrückstände mit einem weitem C/N-Verhältnis zu einer Einschränkung der mikrobiellen Umsetzung führen, zusätzlich bewirkt die gute Durchwurzelung in Verbindung mit hohen Frischmasseabfuhr eine intensive Ausschöpfung des Bodenwasservorrates. Vergleichende Bodenfeuchtemessungen in den Fruchtfolgeversuchen am Standort Dornburg aus dem Jahren 2005-2008, zeigen für die Fruchtfolge 04/05 im Vergleich den geringsten Bodenwasservorrat. Ebenso wirken sich die oft durch Wurzelrückstände bedingten suboptimalen Saatbettbedingungen negativ auf Keimung und Jugendentwicklung der Folgefrucht aus. Nach Simon kann die gebildete Wurzelmasse bei Ackerfutter eine Menge von 80 bis über 100 dt TM/ha und Wuchsjahr betragen (Simon, 1967). Wissenschaftliche Erkenntnisse und Aussagen zur Fruchtfolgewirkung beziehen sich daher neben der direkten Vorfruchtwirkung vor allem auf indirekte Vorfruchtwirkungen, durch die zeitlich verzögerte Mineralisierung der Wurzelrückstände, die Humusakkumulation und

die Verbesserung der Bodeneigenschaften. So zeigen sich unterschiedlich ausgeprägte Auswirkungen auf die angebauten Kulturen der Folgerotation.

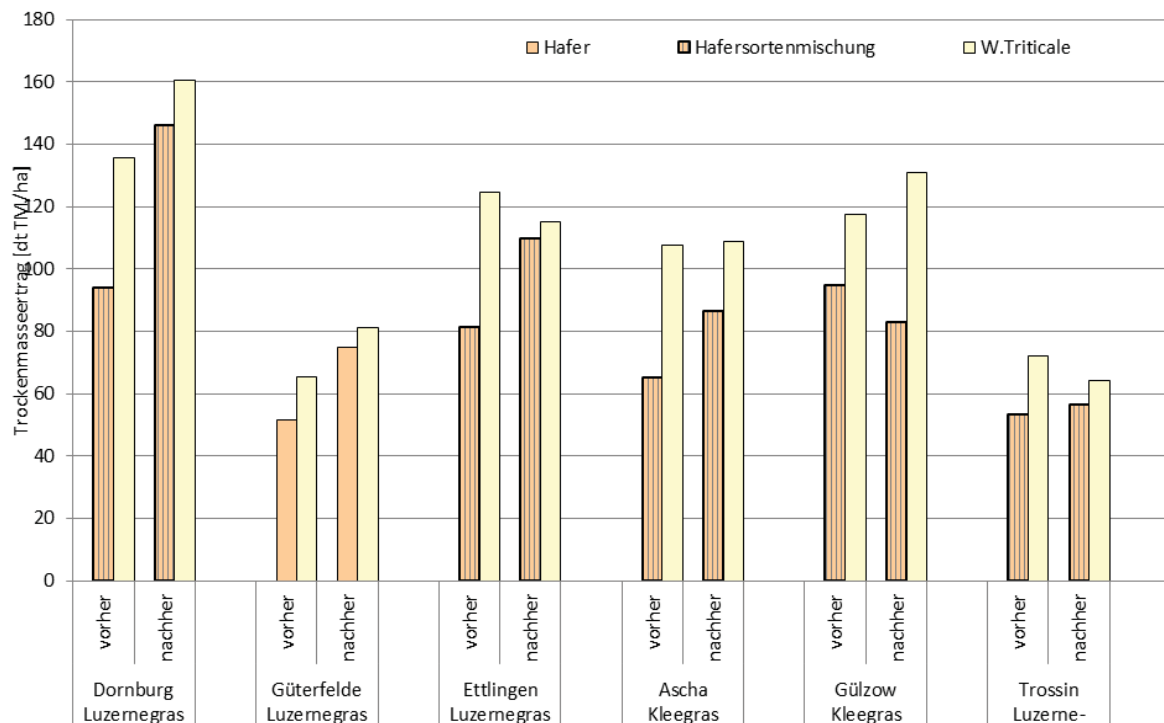


Abbildung 28: Trockenmasseerträge FF 05/04 FFG 1 Hafersortenmischung; FFG2 W.Triticale, Mittel 1.-2.Anlage Rotation vor mehrjährigem Ackerfutter, Mittel 3.-4.Anlage Rotation nach mehrjährigem Ackerfutter)

Während eine direkte Vorfruchtwirkung auf das nachfolgende Fruchtfolgeglied nicht nachgewiesen werden konnte, zeigen sich für die nachfolgenden Kulturen Hafersortenmischungen-GPS und W.Triticale-GPS als indirekte Vorfruchtwirkung Mehrerträge. Im Mittel aus 3.Anlage und 4.Anlage (Rotationen nach mehrjährigen Ackerfutter (nachher)) können bis auf Trossin an allen Standorten Mehrerträge (Dornburg: 77 dt TM/ha, Werlte: 46 dt TM/ha) im Vergleich zum Mittel aus 1.Anlage und 2. Anlage (Rotationen vor mehrjährigem Ackerfutter (vorher)) geerntet werden. Die entsprechenden Mehrerträge setzen sich unterschiedlich zusammen. Neben den bodenfixierten Stickstoffmengen können deutlich über 200 kg N/ha und Jahr durch Pflanzen- und Wurzelrückstände gebunden sein und bei Mineralisierung sukzessiv wieder frei gesetzt werden [1: 76-78]. Je nach Ackerfuttermischung und den spezifischen Mischungsanteilen von Luzerne, Gras und Klee, differieren die C/N-Verhältnisse der verbliebenen Pflanzen- und Wurzelrückstände. Bei Untersuchungen von Wald (Wald, 2003) wurden für die Wurzelrückstände eines luzernedominierten Luzerne-Kleegrasbestandes ein C/N-Verhältnis von 18,6 und für ein grasdominierten Bestand ein C/N-Verhältnis von 27,3 festgestellt. Mit der Annahme vergleichbarer Verhältnisse können die abweichenden Mineralisierungsdynamiken und die fehlende direkte Vorfruchtwirkung auf W.Weizen in der FF 05/04 erklärt werden. Ein engeres C/N-Verhältnis im Luzernegras bedingt die schnellere Umsetzung und die möglichen Ertragssteigerungen auf die Folgefrucht Hafersortenmischungen (max. 52 dt TM/ha in Dornburg). Das weitere C/N-Verhältnis in den Rückständen des mehrjährigen Kleegrases bedingt eine zeitliche Versetzung der Mineralisierung und der damit möglichen Ertragssteigerung, so dass hier erst in der nachfolgend angebauten W.Triticale Ertragssteigerungen (max. 52 dt TM/ha) zu beobachten sind. Der Vergleich der Stickstoffsituationen anhand der N_{min} -Untersuchungen der Fruchtfolge 05/04 aus der 1.

Anlage (Rotation vor mehrjährigem Ackerfutter) und der 3. Anlage (Rotation nach mehrjährigem Ackerfutter) zeigte aufgrund der unterschiedlichen Witterungsbedingungen und Entzüge keine einheitlichen Muster. Ein höheres Mineralisierungsniveau einhergehend mit größeren Mengen von pflanzenverfügbaren Stickstoffverbindungen kann anhand der Bodenuntersuchungen nicht ausgemacht werden.

Zusammenfassend:

- Eine direkte Fruchtfolgewirkung auf die Folgefrucht W.Weizen konnten anhand der Erträge nicht festgestellt werden.
- Indirekte Fruchtfolgewirkungen in der nachfolgenden Fruchtfolgerotation waren feststellbar, für die Folgefrüchte Hafersortenmischungen und W.Triticale konnten im Vergleich zu den Rotationen ohne Vorfrucht mehrjähriges Ackerfutter Mehrerträge festgestellt werden.
- Die eingearbeiteten Pflanzen- und Wurzelrückstände werden je nach Zusammensetzung, C/N-Verhältnis und Mineralisationsbedingungen unterschiedlich umgesetzt. Die differierende Pflanzenverfügbarkeit des im Boden vorhandenen organische gebundenen Stickstoffs wird entsprechend zeitlich versetzt wirksam und ertragsrelevant.

5.4 Bewertung von Ertragsergebnissen mit Gasausbeuten

In den vorausgegangenen Kapiteln wurde die Biomasseleistung bzw. der Trockenmasseertrag als zentrale pflanzenbauliche Kennziffer für das Ertragspotenzial der unterschiedlichen Fruchtarten dargestellt. Bei einer effizienten Bereitstellung von Substraten für die Produktion von Biogas müssen auch die entsprechenden Methanerträge in die Entscheidungsfindung für die jeweiligen Anbauoptionen Berücksichtigung finden.

Biogaserträge hängen von unterschiedlichen Faktoren ab, zum einen ist das Ertragspotential des Standortes für die jeweiligen Fruchtarten maßgeblich, zum anderen sind die spezifischen Gasbildungspotentiale der Substrate entscheidend. Diese sind abhängig von verschiedenen Substrateigenschaften, welche mit Fruchtart und Fruchtfolgestellung in Beziehung zu bringen sind. Untersuchungen zeigten, dass Sorten und Standort geringere Auswirkungen auf die Gasbildungspotentiale der Substrate haben als Fruchtart und Fruchtfolgestellung (Bischof, 2012). Im EVA-Projekt werden rechnerisch anhand der Inhaltstoffe ermittelte Biogasausbeuten den Parzellenversuchen zugeordnet, gleichzeitig werden direkte Messungen für verschiedene Substrate in Batch-Apparaturen vorgenommen. Somit liegen auch direkte Messwerte vor. Die Messwerte fließen in die EVA- Methanausbeuteberechnungsmatrix ein und dienen zur weiteren Validierung der etablierten Berechnungsmethode. Die Methodik zur Berechnung und zu den Batch-Versuchsmessungen ist in den Berichten des Teilprojektes 4 „Ermittlungen des Einflusses der Substratqualität auf die Biogasausbeute in Labor und Praxis“ am ATB Potsdam (Heiermann, 2013) und der Arbeitsgruppe Biogas TLL Jena (Hengelhaupt et. al., Anhang 7b) beschrieben.

Die Einbeziehung der Gasbildungspotentiale der unterschiedlichen Substrate aus den Parzellenversuchen zieht weiterführend eine Verschiebung der Ertragsbewertung nach sich. Wichtigste Größe für die energetische Flächenproduktivität bei der Biogasnutzung ist der Methanhektarertrag von Anbauoptionen, also das Produkt aus Flächenenertrag und umsetzbarer Energie.

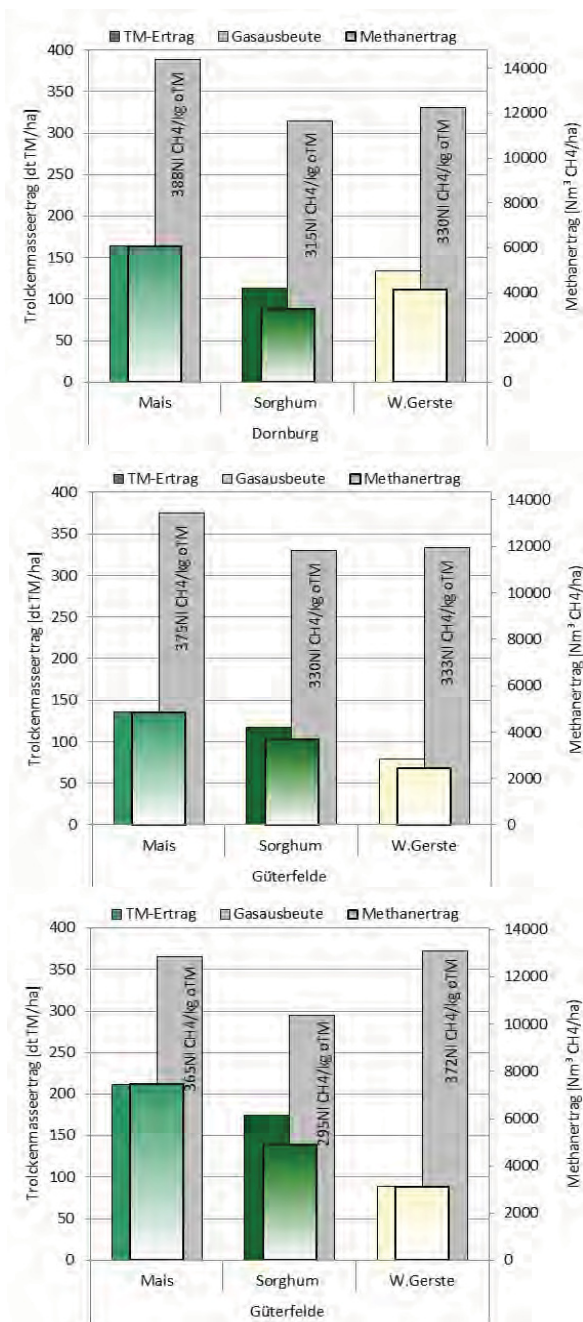


Abbildung 29: Trockenmasseertrag, spezifische Methanausbeute (Quelle: (Heiermann, et al., 2013) und Methanhektarertrag (ohne Silierverluste) von Mais, Sorghum und Wintergerste an drei Standorten im

Exemplarisch ist ein weiterführender Vergleich unter Einbeziehung der Methanbildungspotentiale von Sorghum, Mais und Wintergerste (GP) an 3 Standorten aufgeführt (vgl. Abbildung 29). Wie bereits oben beschrieben, werden an den Ergebnissen folgende Effekte deutlich:

- Die einzelnen Substrate weisen an den Standorten unterschiedliche Gasausbeuten, welche durch spezifische Wuchsbedingungen vor Ort beeinflusst werden.
- Hohe spezifische Biogasbildungspotentiale und Methanausbeuten verbessern die relative Eignung von Mais und Getreide-GP gegenüber Sorghum.

Innerhalb der jeweiligen Arten, sind Unterschiede der Gasausbeuten zwischen Sorten und Anbaujahren geringer, was sich auch mit den Ergebnissen von Bischof (2012) deckt. So zeigt eine nähere Betrachtung der Ergebnisse von Mais (2009-2011) und Wintergerste (2009-2010) an sechs Standorten (vgl. Abbildung 30), dass von den Einflussfaktoren „Sorte“ und „Standort“ nur geringe Effekte auf den Methanhektarertrag ausgehen.⁹ Maßgeblich für den Methanhektarertrag einer Kulturart sind die spezifische Methanausbeute und das Ertragsvermögen am Standort.

⁹ Je Standort 2009 und 2010 Sortengleichheit, Sortengleichheit zwischen Ascha und Dornburg.



Abbildung 30: Trockenmasseertrag (oben), spezifische Methanausbeute (Mitte, Quelle: (Heiermann, et al., 2009) und Methanhektarertrag (ohne Siliiverluste) von Wintergerste (links) und Mais (rechts) an 6 Standorten. (Wintergerste 2009 und 2010; Mais 2009, 2010 und 2011)

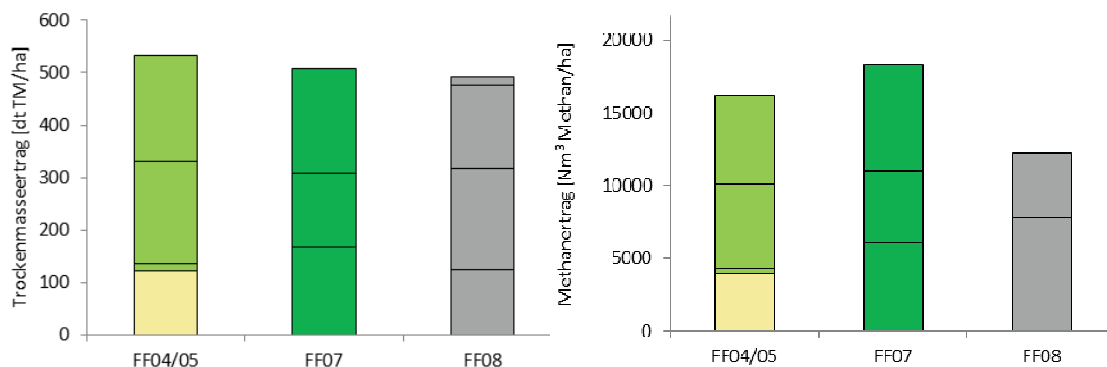


Abbildung 31: Trockenmasseertrag (links) und Methanhektarertrag der FF04/05 (S.Gerste/ Luzerne-gras US- Luzerne-gras HNJ- Luzerne-gras HNJ), FF07 (Mais- Mais- Mais) und FF08 (Topinambur- Topinambur- Topinambur) am Standort Dornburg. Anlage III (2009-2011)

Die Ergebnisse vom Standort Dornburg zeigen deutlich die Notwendigkeit der Einbeziehung der Gasbildungspotentiale in die Ertragsbewertung für gesamte Fruchtfolgen. Während beispielsweise der Anbau von Topinambur aus ertraglicher Sicht mit Mais konkurrieren kann, werden durch die geringe Verdaulichkeit des Krautes insgesamt geringere Methanhektarerträge erzielt (vgl. Abbildung 31).

Zusammenfassend:

- Die unterschiedlichen spezifischen Gasbildungspotentiale der jeweiligen Substrate sind in die Bewertung der unterschiedlichen Anbauoptionen einzubeziehen. Relative Vorzüglichkeit der Fruchtarten aufgrund der Ertragsleistungen können bei Einbeziehung der Substratqualitäten untereinander verschoben werden.
- Fruchtart und Reifezustand bzw. Fruchtfolgestellung beeinflussen die Gasbildungspotentiale stärker als unterschiedliche Standorte oder Sorten.
- Die Potentiale der Mehrzahl der untersuchten Substrate sind von geringer als Mais in Hauptfruchtstellung.

5.5 Möglichkeiten weiterführender Bewertungen und Ausblick

Neben bisher vorgenommenen Bewertungen, die schwerpunktmäßig auf die pflanzenbauliche Leistungsfähigkeit und die Wirkungen innerhalb der Fruchtfolge abzielen, sind eine Reihe fruchtfolgerelevanter Bewertungen, die vorgenommen wurden und Bestandteil der Teilprojekte 2 (Ökologische Bewertung) (Glemnitz, et al., 2013) und 3 (Ökonomische Bewertung) (Auerbacher, et al., 2013) sind, im Rahmen der regionsspezifischen Berichte in den Anhängen berücksichtigt.

Zukünftig sollen verstärkt einerseits Ergebnisse aufgezeigt werden, die für die praktische Landwirtschaft entscheidungsrelevant sind, d. h. welche Anbauoptionen sich mit welchen Ertragsaussichten nutzen lassen und welche Rolle diese innerhalb der Fruchtfolge einnehmen können. Andererseits kann durch die weiterführenden Bewertungen auch aufgezeigt werden, ob und in welchem Maße sich in Abhängigkeit von Bewirtschaftung und Anbausystem mögliche Zielkonflikte ergeben.

Für die weiterführende Arbeit im Anschlussprojekt ist geplant, Inhalte zu einzelnen Themenbereichen vertieft, unter anderem auf Basis bisheriger und zukünftiger Versuche zu bearbeiten. Eines dieser Themenfelder ist die Querschnittsaufgabe „Pflanzenschutzmitteleinsatz“. Mit Vorliegen sämtlicher Maßnahmen, die in den vergangenen Jahren innerhalb des Fruchtfolgeversuches notwendig wurden, lassen sich Bewertungen vornehmen, welche Fruchtfolge mit besonders geringen Mittelaufwendungen möglich ist. So wird ersichtlich, dass der höchste Mitteleinsatz in Fruchtfolge 05/04 erforderlich ist. Fruchtfolgen mit Mais benötigen deutlich geringere Mittelaufwendungen. Auch bei teilweise recht hohen Anbaukonzentrationen (Dornburg, Fruchtfolge 07) sind im Mittel aller Rotationen und Jahre nur zwei „volle Mittelaufwendungen“ eingesetzt worden. Die in der öffentlichen Diskussion häufig genannte Problematik, ein verstärkter Anbau von Mais führe zu hohen Pflanzenschutzaufwendungen kann daher nicht nachvollzogen werden – im Gegenteil – wenn Mais Getreide-Raps-Fruchtfolgen ergänzt, kann dieser zu insgesamt geringeren Einsatzmengen führen. Dabei stehen die Behandlungswerte im Mais in Übereinstimmung mit den Auswertungen von Praxisbetrieben im Rahmen des JKI-Behandlungsindex (Freier, et al., 2010).

Ist das Ziel ein noch weiterer Verzicht auf Pflanzenschutzmaßnahmen, so ist aus den Versuchen zur Minimierung von Pflanzenschutz und Düngung zu entnehmen, dass ein vollständiger Verzicht auf Pflanzenschutzmaßnahmen im Maisanbau zu extrem hohen Ertragseinbußen führen kann.

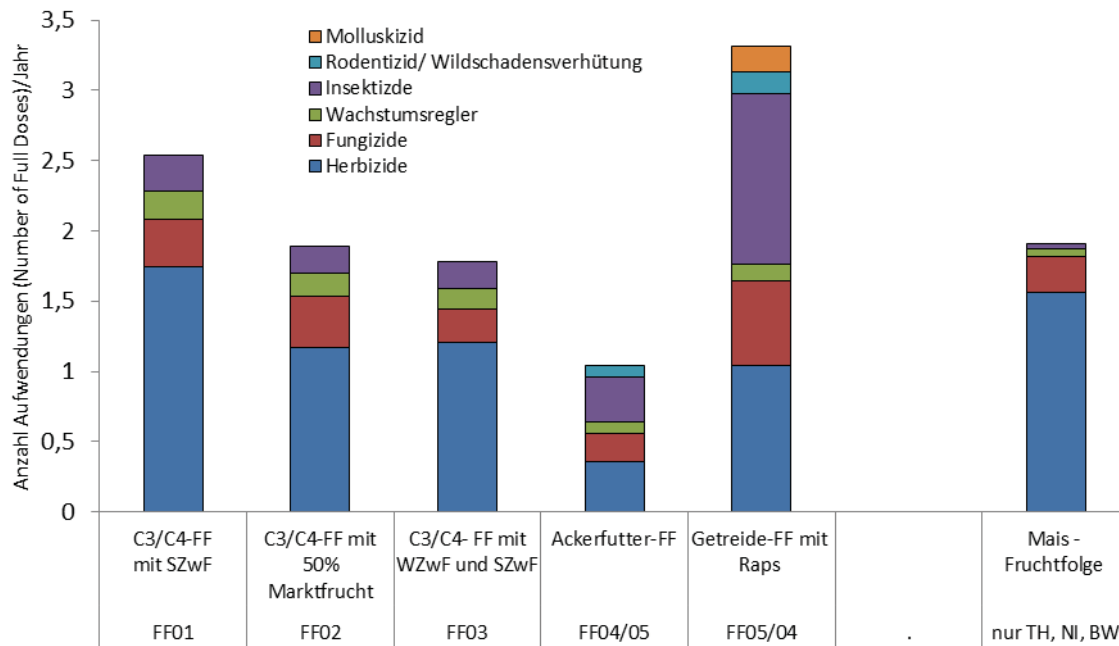


Abbildung 32: Pflanzenschutzmitteleinsatz in den Fruchtfolgen des EVA-Verbunds. Mittlerer Jahreswert für Fruchtfolgen 01-05 im Mittel aller Standorte, 2005-2012(teilweise)-, Maisfruchtfolge nur für Standorte Dornburg, Werlte und Ettlingen, dargestellt als Behandlungsindex (Freier, et al., 2010) teilweise berücksichtigt. Vereinfachend wurden die Aufwandmengen auf die aktuelle Zulassungssituation (JKI) bezogen.

Zusammenfassend:

- Unter Berücksichtigung der weiterführenden Untersuchungen und Bewertungen lassen sich Aussagen zur regionalen Praxiseignung der Anbaumöglichkeiten ableiten.
- In engen Mais-Fruchtfolgen bzw. Maisselbstfolgen waren im Versuchszeitraum im Mittel geringere Pflanzenschutzbehandlungsintensitäten als in stärker marktf Fruchtgeprägten Fruchtfolgen (FF05/04) notwendig.
- Das niedrigste Niveau für Pflanzenschutzmitteleinsatz wird in FF04/05 erreicht. Die konkurrenzstarken und extensiv zu bewirtschaftenden Ackerfuttermischungen minimieren die Behandlungsintensität weitestgehend.

5.6 Zusammenfassung der Ergebnisse zum Fruchtfolgeversuch

Fruchtarten

- Auch in der 3.-4.Anlage war Mais in Hauptfruchtstellung auf nahezu allen Prüfstandorten die ertragsstärkste Einzelkultur. Im Mittel der Jahre 2009 – 2011 erzielte Mais in Hauptfruchtstellung zwischen 150 dt TM/ha (Standorte Güterfelde, Trossin und Dornburg) und über 230 dt TM/ha (Standorte Ettlingen und Bernburg).
- Mehrjährig konnten höhere Erträge einzelner Anbaufrüchte nur am Standort Güterfelde mit Sorghum und am Standort Dornburg mit Luzernegrass erreicht werden.
- S.Getreide in der Ganzpflanzennutzung hat zumeist keine Anbauwürdigkeit. Mit den guten Ertragsleistungen in den Jahren 2009 und 2010 am Standort Dornburg im Zusammenhang mit günstigen Fruchtfolgewirkungen und möglichen Flexibilisierungen in der Bestandesführung lassen sich auf einigen Standorten Anbauwürdigkeiten ableiten.
- Für Sorghum lässt sich aufgrund der mit Mais vergleichbaren Erträge an den trockenen D-Standorten eine relative Anbauvorzüglichkeit ableiten.
- Die Möglichkeit von Spätsaaten und die mögliche Verlängerung der Ertragsbildungsperiode einer Vorfrucht

Kombinationen von Winterung und Sommerungen

- In EVA II konnten Optimierungsmöglichkeiten durch die Umstellung von Fruchtfolgen aufgezeigt werden. So führt eine im Mittel um 14 Tage vorgezogene Etablierung von Sorghum als späte Zweitfrucht zu guten Erträgen führen – gegenüber EVA I zeigte Fruchtfolge 1 somit die höchsten Erträge im Mittel der Standorte.
- Erklärungsgründe für optimale Zweikulturnutzungssysteme sind bislang noch nicht auf eine kurze Formel gebracht. Sicher ist jedoch, dass es eine gewisse Flexibilität bei der Gestaltung solcher Systeme gibt. Gut abgeschnitten hat Wintergerste – Sorghum auf unterschiedlichen Standorten. Aus den Ergebnissen ist abzuleiten, dass auf getreidestarken Standorten vor allem die Winterkultur als Komponente zu betonen ist, während die Erträge der Sommerkultur als ergänzendes, aber stark mit Risiko behaftetes Element anzusehen ist. Auf Standorten, an denen Erträge der Sommerungen Mais oder Sorghum im Vergleich zu den Ertragserwartungen von Winterkulturen hoch sind, birgt die Wahl eines derartigen Systems durch die z. T. negativen Auswirkungen auf die Sommerung höhere Ertragsrisiken.
- Dabei deutet einiges darauf hin, dass – wie auch häufig – der Wasserhaushalt entscheidend für den Erfolg von Zweitfruchtssystemen ist. Es kann die These aufgestellt werden, dass es aber nicht – wie häufig angenommen- zwingend hohe Gesamtjahresniederschlagssummen sind, die Mehrerträge begünstigen, sondern dass entscheidend ist, in welchem Maße die vor der Sommerung angebaute Winterung
 - Niederschlag/ Wasser nutzt, welches/r ohne den Anbau durch Versickerung oder Evaporation verloren wäre oder
 - Wasserressourcen genutzt werden, die in der Folge dem Wachstum der Sommerung fehlen.

Auf diese Weise könnten einerseits die vergleichsweise ungünstigen Ergebnisse in EVA II (kalte Winter ohne gute Wachstumsbedingungen für Winterungen), andererseits die in der Projektphase fast ausschließlich auf maritimen, winterwarmen Standorten guten Ertragsergebnisse solcher Systeme erklärt werden.

Fruchtfolgen und Fruchtfolgeeffekte

- Über alle Standorte und Jahre betrachtet waren die Fruchtfolgen 01 und 03 die ertragreichsten Fruchtfolgen. Fruchtfolge 01 konnte insbesondere in EVA II und auf Basis der Umstellung an vielen Standorten hohe Erträge erzielen.
- Insgesamt kann gezeigt werden, dass der Anbau unterschiedlicher Fruchtarten in der Fruchtfolge das Ertragsrisiko deutlich reduziert. So lagen die über die beteiligten Standorte gemittelten Variationskoeffizienten der Maiserträge von EVA I und II bei etwa 20%. Die der C₃/C₄-Pflanzen-Fruchtfolgen lag deutlich niedriger – im Mittel aller Standorte schwankten die Erträge der Fruchtfolge 03 zwischen den vier Anlagen nur um 8,8%.
- Wirkungen der Fruchtfolge auf die Ertragsbildung von Kulturarten sind nachweisbar. Sie lassen sich schwerpunktmäßig auf direkte Vorfruchteffekte zurückführen, die Spannweite zwischen positiven und negativen Vorfruchteffekten beträgt selten mehr als 20% des mittleren Ertrages.
- Mehrjähriges Ackerfutter zeigt nach Umbruch Vorfruchtwirkungen auf die 2-3 folgenden Kulturen. Die differenzierte und verzögerte Wirkung ist auf die langsame Umsetzung der unterschiedliche zusammengesetzten Pflanzen- und Wurzelrückstände (C-N-Verhältnis) zurückzuführen.
- Eine Selbstfolgestabilität von Mais kann aus den Ergebnissen bestätigt werden.

Weitere praxisrelevante und entscheidungsrelevante Effekte durch die Fruchtfolgeausgestaltung können anhand der Ergebnisse und Untersuchungen nicht oder beschränkt darstellen:

- a. Es sind zwischen Erträgen aus Parzellenversuchen u.a. bei Ausschluss von Randeffekten und Erträgen auf Praxisschlägen Differenzen zu erwarten.
- b. Aufgrund der nach guter fachlicher Praxis und praxisüblich erfolgten Bestandesführung und Behandlungsintensität ist eine Vergleichbarkeit gegenüber anderen Versuchen, die in der Vergangenheit deutlich höhere Effekte nachweisen konnten¹⁰ nur bedingt gegeben.
- c. Dynamiken von Schadunkräutern und anderen Schadorganismenpopulationen lassen sich im Vergleich zu Praxisschlägen in Parzellenversuch nicht vollständig abbilden und erfassen. Parzellenversuche können somit nur einen Ausschnitt der langfristig in der landwirtschaftlichen Praxis zu erwartenden phytosanitären Fruchtfolgeeffekte aufzeigen.
- d. Aufgrund der jährlich teilweise stark differierenden Wachstumsbedingungen müssen Aussagen durch langfristige Ergebnisse abgesichert werden. Auswirkungen der

¹⁰ Beispielhaft sind die von Könecke (1967) erwähnte 40-80 % Ertragsrückgang bei Getreide – Monokultur, aber auch die Versuche des „Ewigen Roggenbaus“, die selbst in den gedüngten Varianten eine N-Düngung von nur 60 kg/ha N aufweisen, zu nennen (Amler (2012)).

Fruchtfolgen und Anbausysteme z.B. auf den Humushaushalt werden erst durch Langzeitergebnisse sicherbar. Mit dem Abschluss der 2.Fruchtfolgerotation lassen sich entsprechende Veränderungen und deren Auswirkungen auf den Ertrag auch nach achtjähriger Betrachtungsdauer nur eingeschränkt beobachten.

Die dargestellten Fruchtfolgeeffekte und Vorfruchtwirkungen spiegeln daher nicht in vollständigem Umfang die möglichen Effekte in der praktischen Landwirtschaft wider. Es werden aber Teilaspekte bzw. einzelne Zusammenhänge umfassend bearbeitet. Die Ergebnisse und Erkenntnisse stellen damit Ansatzpunkte für Lösungsszenarien dar.

6 Ergebnisse der Satellitenversuche

Neben den bundesweit durchgeführten Fruchtfolgeversuchen wurden in den Jahren 2008-2011, ebenfalls anknüpfend an die Arbeiten in EVA I, weiterführende Fragestellungen bearbeitet.

Dazu angelegte Versuche erfolgten zum Teil in Anbindung an den Fruchtfolgeversuch (Reduzierung von Pflanzenschutz und Düngung, Vergleich von wendender und reduzierter Bodenbearbeitung, Prüfung unterschiedlicher Erntezeitpunkte, Kleiner Gärrestversuch), auch mit dem Ziel, dessen Ergebnisse zu präzisieren. Kurzergebnisse dieser Versuchsreihen sind im folgenden Kapitel 6.1 aufgeführt. Detaillierte Ergebnisse sind in den eigenständigen Berichten dargestellt, die als Anhänge 7a, 10 und 11 beigelegt sind.

Zu verschiedenen Systemfragestellungen wurden unabhängige und mehrortige Versuchsreihen angelegt. Bei diesen handelt es sich um einen Düngesteigerungsversuch mit Gärresten („Großer Gärrestversuch“), einen Versuch zum Mischanbau mit Mais und Sorghum sowie die Prüfung von Ackerfutter- und Grünlandmischungen. Kurzergebnisse und -interpretationen sind im Folgenden in den Kapiteln 6.2.-6.4. dargestellt. Detaillierte Ergebnisse sind in den eigenständigen Berichten aufgeführt, die als Anhänge 10, 12 und 13 beigelegt sind.

6.1 Satellitenversuche mit Bezug zu den Fruchtfolgen

6.1.1 Reduzierte Bodenbearbeitung

M. Dressler, J. Eckner A., Nehring, D. Freund, TLL

Durch Bodenbearbeitungsmaßnahmen kommt es zu einer unterschiedlichen Durchmischung und Einarbeitung von Erntegut- und Wurzelresten in den Boden. Gegenstand der Untersuchungen in EVA II war es unter anderem, zu ermitteln inwieweit die unterschiedliche Bearbeitungsintensität den Ertrag und die Bodenfruchtbarkeit beeinflussen. Hierfür wurden Fruchtfolgen mit wendender (konventionell, Pflug) und minimaler Bodenbearbeitung (Egge, Grubber) untersucht.

Ergebnisse

Die Fruchtarten reagierten unterschiedlich stark auf die Bodenbearbeitungsintensität. Bei der minimalen Bodenbearbeitung zeigte die Getreideartenmischung (W.Triticale/W.Weizen) positive Ertragseffekte (Mehrertrag von 30 dt TM/ha, vgl. Abbildung 33). Auch Luzernegras, Grünschnittroggen, Hafersortenmischung, Mais (ZF) und W.Triticale (GPS) reagierten bei der Minimalbodenbearbeitung mit ca. 10 bis 15 dt TM/ha Mehrertrag. Ein deutlich erhöhtes Krankheits- und Unkrautauftreten konnte durch die Minimalbodenbearbeitung am Thüringer Standort nicht festgestellt werden. Bei W.Raps, Sorghum (ZF), einj. Weidelgras, W.Gerste und Phacelia traten zwischen den Bodenbearbeitungsvarianten keine nennenswerten Ertragsunterschiede auf. Dem gegenüber reagierten Mais und Sorghum in Hauptfruchtstellung bei der Minimalbodenbearbeitung mit einem Ertragsrückgang von über 10 dt TM/ha.

Die ertragreichsten Fruchtfolgen waren in der Minimalbodenbearbeitungsvariante die FF01 und 05 gefolgt von der FF07 ((Mais- Mais- Mais- W.Weizen(vgl. Abbildung 34). Die Gesamterträge dieser Fruchtfolgen lagen zwischen 468 und 577 dt TM/ha. Da Mais in Hauptfruchtstellung bei der Minimalbodenbearbeitung geringere Erträge als in der Pflugvariante erzielte, hatte auch die Mais-Selbstfolge (FF07) einen insgesamt um 40 dt TM/ha niedrigeren Gesamtertrag gegenüber der Fruchtfolge mit Pflugeinsatz (468 dt TM/ha gegenüber 508 dt TM/ha). W.Triticale überzeugte mit 161 dt TM/ha bei der Minimalbodenbearbeitung, die auf

gleichem Niveau wie der Mais abschnitt. Die Fruchtfolgen reagierten auf die minimierte Bodenbearbeitung ohne signifikanten Ertragsrückgang.

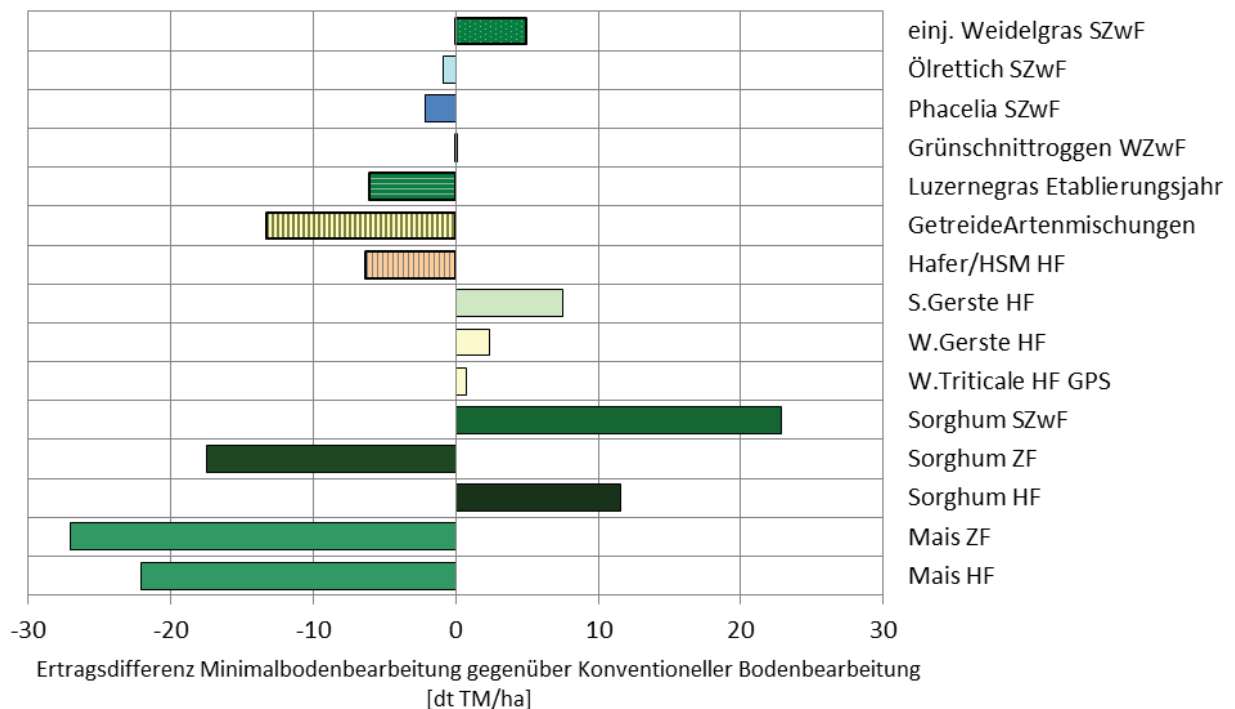


Abbildung 33: Vergleich der Ertragsunterschiede (2009-2012) bei den Fruchtarten zwischen Minimalbodenbearbeitung und konventioneller BBodenbearbeitung

Bei vollständiger Gärrestrückführung in die Fruchtfolgen lassen sich mit Hilfe der VDLUFA-Humusbilanzmethode für die Fruchtfolgen 04, 05 und 06 ausgeglichenen Humusbilanzen (Gehaltsklasse C) ausweisen. Unterschiedliche Ausprägungen der Salden zwischen den beiden Bodenbearbeitungsvarianten lassen sich ausschließlich auf die unterschiedlichen Ertragsniveaus –und somit die Menge der auf der Fläche verbliebenen organischen Substanz zurückführen. Die VDLUFA – Humusbilanzmethode sieht keine nach Bodenbearbeitung differenzierte Humuszehrung vor.

Empirisch konnten Effekte auf den Humushaushalt im Vergleich der Bodenbearbeitungsvarianten und Fruchtfolgen noch nicht nachgewiesen werden. Weiterführende Untersuchungen zu Bodenaktivitäten und bodenmikrobiologischen Parametern zeigte sich in den Minimalbodenbearbeitungsvarianten verstärkte Bodenaktivitäten sowie größere Abundanzen und Individuenzahlen für verschiedene Organismengruppen und –arten.

Aus den durchgeführten Bestandesbeobachtungen und Bonituren lassen sich keine Unterschiede hinsichtlich der Unkrautpopulationen und dem Auftreten spezifischer Krankheiten ableiten.

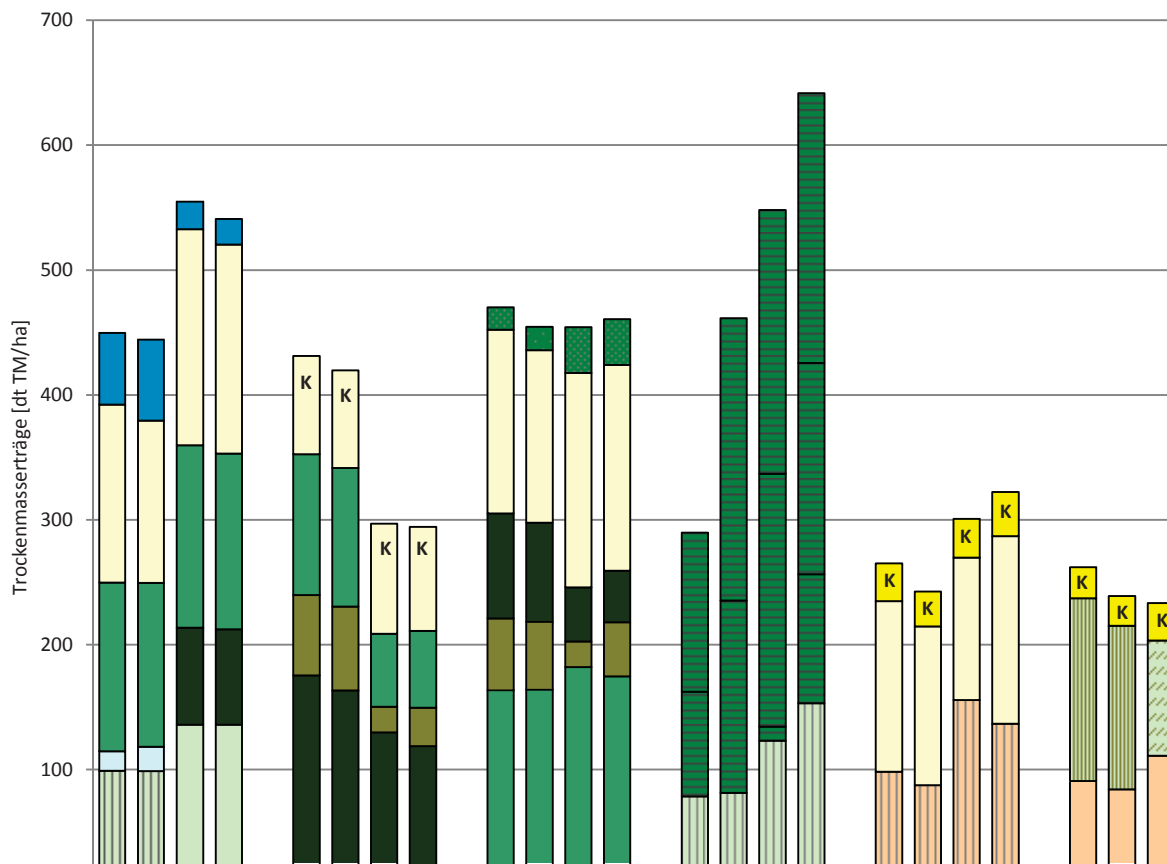


Abbildung 34: Vergleich der Erträge unterschiedlicher Fruchtfolgen bei konventioneller und minimaler Bodenbearbeitung, 1. Anlage und 3. Anlage, Standort Dornburg

Zusammenfassend:

- Am Standort Dornburg verringerte sich die Ertragsleistung der Fruchtfolgen bei einer minimierten Bodenbearbeitung nicht signifikant.
- Die einzelnen Fruchtarten reagierten unterschiedlich stark auf einen Pflugverzicht.

6.1.2 Untersuchungen zur Bodenmikrobiologie – Auswirkungen des Energiepflanzenanbaus auf die Bodeneigenschaften bei unterschiedlicher Bodenbearbeitung

Winter, K. TLL, Dr. Thoms, C. TLL, Dr. Tischer, S. MLU

Den Boden als Lebensgrundlage und Lebensraum für Bodenorganismen zu schützen ist notwendige Voraussetzung für deren Umsatzleistungen und in §2 des Bundesbodenschutzgesetzes festgeschrieben. Um die bodenbiologische Situation von Böden unter dem Anbau von Energiepflanzen zu beschreiben, beauftragte das EVA-Verbundprojekt Dr. Sabine Tischer von der Bodenbiogeochemie des Institutes für Agrar- und Ernährungswissenschaft der MLU Halle mit Untersuchung zu bodenbiologischen Parametern. Auf dem Standort Dornburg sollten bodenbiologische Effekte im Boden unter vier verschiedenen Fruchtfolgen bei unterschiedlichen Bodenbearbeitungssystemen ermittelt werden. Im Vergleich standen konventionelle Bearbeitung mit dem Pflug (P) und Minimalbodenbearbeitung mit der Scheibenegge (M) über zwei ganze Vegetationsperioden.

Methoden

Es wurden Bodenproben aus den Fruchtfolgen 1, 3, 4, und 5 entnommen, wobei die Entnahme in drei Tiefen (0 - 10, 10 - 20, 20 - 30 cm) erfolgte. Im Herbst 2008 wurde der Ist-Zustand der Fläche bestimmt. Bis einschließlich zum Frühjahr 2011, jeweils im Frühjahr und Herbst wurden pro Variante zwei unabhängige Proben entnommen. In Tabelle 10 sind die Fruchtfolgen dargestellt und die Jahre der Probenahmen farblich unterlegt.

Tabelle 10: Untersuchte Fruchtfolgen und Probennahmezeiten

FF	H2008	F2009	H2009	F2010	H2010	F2011
1 (P+M)	W.Weizen	W.Gerste	Sorghum (SZwF)	Mais		W.Triticale Ölrettich (SZF)
3 (P+M)	W.Weizen	Mais	Grünschnitttrog- gen (WZwF)	Sorghum		W.Triticale/ einj. Weidelgras
4 (P+M)	W.Weizen	Hafersorten- mischung		W.Triticale		W.Raps
5 (P+M)	W.Weizen	S.Gerste / Luzernegras(US)	Luzerne- gras	Luzerne- gras		Luzernegras

Folgenden Untersuchungen wurden gemacht:

- pH-Werte nach DIN ISO 10390-7
- C/N-Gehalte nach DIN ISO 10694
- Messung der Ariginin- Ammonifikation nach Kandeler, et al. (2007)

mit sechs Laborwiederholungen aus den A und B Proben wurden folgende Analysen vorgenommen:

- Basalatmung nach DIN ISO 16072 und 14240-1 Heinemeyer *et al.* (1989),
- Mikrobielle Biomasse durch substratinduzierte Respiration nach Anderson, et al. (1979)
- Katalasezahl nach Beck (1971)
- β -Glucosidaseaktivität nach Hoffmann, et al. (1965)
- Phosphataseaktivität nach Hoffmann (1968)

Als öko-physiologische Parameter wurde das C_{mic}/C_{org} -Verhältnis und der metabolische Quotient (qCO_2) errechnet.

Alle Analysen sind Nachweise für mikrobielle Aktivität im Boden.

Im Frühjahr und Herbst 2009 wurden Bodenproben in einer Bodentiefe von 0-10 sowie 10-20 cm genommen und Phospholipidfettsäuren (PLFA)-Analysen wurden nach Frostegard, et al. (1993) und Baath, et al. (2003) durchgeführt. Die PLFA-Analyse ermöglicht die Bewertung des Auftretens und der Zusammensetzung der gesamten mikrobiellen Gemeinschaft (Bakterien, Pilze, Algen und Protozoen) im Boden.

Ergebnisse

pH-Werte

Die pH-Werte liegen zwischen 5,75 und 6,39. Im Vergleich haben die jeweiligen Fruchtfolgen unter Pflugbearbeitung geringere pH-Werte wie unter Minimalbodenbearbeitung. In den drei Bodentiefen unterscheiden sich die pH-Werte unter der jeweiligen Fruchtfolge kaum.

Kohlenstoff/Stickstoff (C/N)-Verhältnis

In allen Varianten liegen sehr enge C/N-Verhältnisse ohne Tendenzen vor, die um die 10 und darunter liegen.

Mikrobielle Aktivität

In den allen Untersuchungsergebnissen zeigen sich tendenziell höhere Werte für die Mikroorganismenaktivität in den Herbstproben verglichen mit den Frühjahrsproben. Herbst 2010 und Frühjahr 2011 zeigen geringere Aktivitäten als zu Beginn des Untersuchungszeitraumes.

Basalatmung

In 0-10 cm Bodentiefe ist die Atmungsaktivität von Mikroorganismen in den Parzellen mit Minimalbodenbearbeitung (M) deutlich höher, in 20-30 cm Bodentiefe ist sie in den Parzellen mit Pflugbearbeitung (P) höher (Abbildung 35).

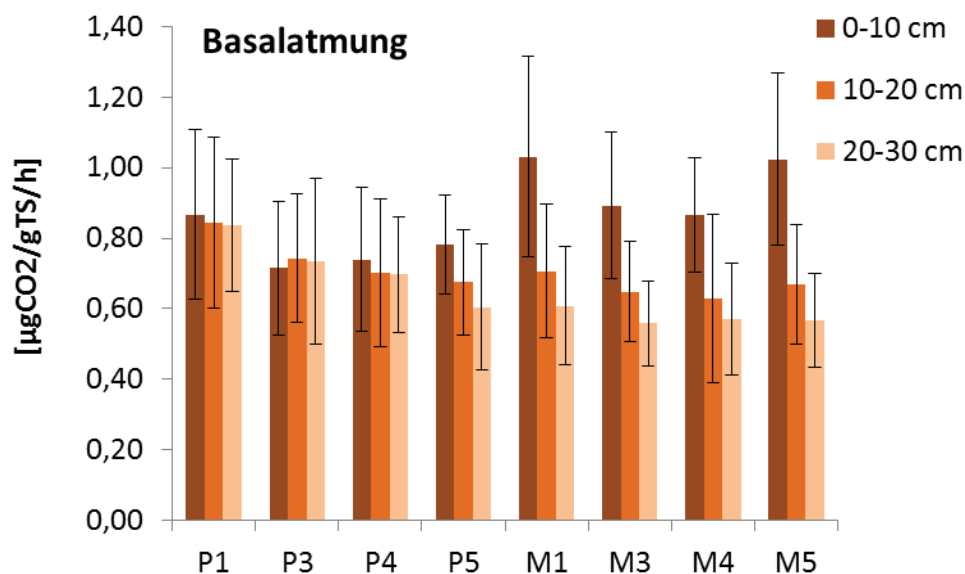


Abbildung 35: Basalatmung von Mikroorganismen in drei Bodentiefen in verschiedenen Fruchtfolgen mit unterschiedlicher Bodenbearbeitung (P für Pflugbearbeitung, M für Minimalbodenbearbeitung), $n=6$, Fehlerbalken zeigen Standardabweichungen

Kumulativ über alle drei untersuchten Bodentiefen und den gesamten Untersuchungszeitraum betrachtet, gibt es keine deutlichen Unterschiede in der Atmungsaktivität der Bodenorganismen zwischen den unterschiedlichen Bearbeitungsmethoden. Der niedrigste Wert ist im Frühjahr 2011 unter M4 mit $0,40 \mu\text{g CO}_2/\text{gTS}/\text{h}$ und der höchste im Herbst 2009 mit $1,18 \mu\text{g CO}_2/\text{gTS}/\text{h}$ unter P1 gemessen worden. Die Auswirkungen von klimatischen Schwankungen in den Untersuchungsjahren auf das mikrobielle Bodenleben sind stärker als die Auswirkungen durch den Anbau unterschiedlicher Fruchtfolgen.

Mikrobieller Kohlenstoff (C_{mic}), $C_{\text{mic}}/C_{\text{org}}$ -Verhältnis und Metabolischer Quotient ($q\text{CO}_2$)

Der Gehalt an mikrobieller Biomasse (C_{mic}) liegt in den M Bodenbearbeitungsvarianten über den gesamten Untersuchungszeitraum durchschnittlich um knapp 17% höher als in den P-Varianten.

Das C_{mic}/C_{org} -Verhältnisse ist in den M-Varianten in den Bodentiefen 0-10 cm höher. Die FF1 fällt sowohl in der P- wie auch in der M-Variante durch einen hohen Wert auf.

Das C_{mic}/C_{org} -Verhältnis ist in allen untersuchten Proben im mittleren bis hohem Bereich für landwirtschaftliche Böden.

Je höher die Aktivität von Mikroorganismen desto geringer ist der Metabolische Quotient. Der größte Teil der errechneten Metabolischen Quotienten in $qCO_2 = CO_2-C [\mu g / g \text{ Boden/ h}] / C_{mic} [mg/ g \text{ Boden}]$ ist zwischen 3 und 5 und damit in dem für landwirtschaftliche Böden mittleren Bereich (Einstufung nach Sommer, et al., 2002). M4 zeigt im Frühjahr 2011 den günstigsten, P4 im Herbst 2008 den schlechtesten Wert.

Tabelle 11: Die C_{mic}/C_{org} -Verhältnisse und der metabolische Quotient im Zeitraum Herbst 2008 bis Frühjahr 2011. Dunkel hinterlegte Zahlen zeigen positive hell hinterlegte Zahlen zeigen mittlere Werte an (Einstufung nach Sommer, et al., 2002).

	C_{mic}/C_{org} [%]			qCO_2 $\mu gCO_2/gTS/h/mgC_{mic}$		
	0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm	0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm
P1	1,85	1,85	1,73	4,17	4,02	4,49
P3	1,75	1,69	1,56	3,93	4,24	4,67
P4	1,60	1,58	1,56	4,44	4,26	4,47
P5	1,73	1,42	1,34	4,47	4,68	4,64
M1	2,78	1,83	1,51	2,99	3,36	3,52
M3	2,49	1,78	1,44	3,06	3,25	3,72
M4	2,25	1,48	1,36	3,56	4,15	4,45
M5	2,61	1,66	1,34	3,59	4,16	4,62

Bodenenzymaktivität

Die Messung der Bodenenzymaktivitäten kann Aufschluss über Nährstoffkreisläufe und Abbauprozesse im Boden geben. Sie sind Indikatoren für den metabolischen Zustand der mikrobiellen Biomasse. Die Enzyme sind am Abbau organischer Substanzen beteiligt und spiegeln sehr deutlich nutzungsbedingten Eingriffe des Menschen wider und zeigen daher langfristige Veränderungen in der biologischen Aktivität des Bodens an.

Katalasezahl

Signifikant höher ist die Katalasezahl in den M-Varianten in der oberen Bodenschicht gegenüber den P-Varianten (Abbildung 36). In der Bodenschicht 20-30 cm liegen die Werte der M Varianten niedriger als in den P-Varianten. FF 1 zeigt in beiden Bodenbearbeitungsvarianten die höchste Katalasezahl, in der M-Variante hat sie die absolut höchste Zahl.

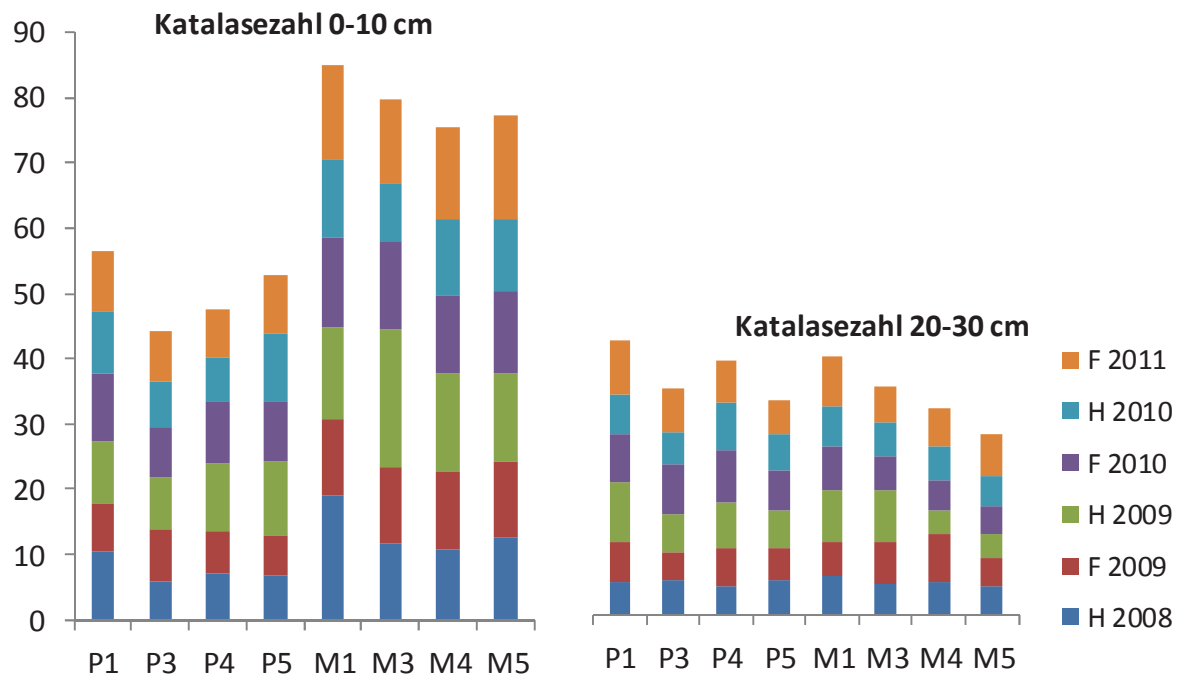


Abbildung 36: Katalasezahl in den Bodentiefen 0-10 cm und 20-30 cm, in verschiedenen Fruchtfolgen mit unterschiedlicher Bodenbearbeitung (P für Pflugbearbeitung, M für Minimalbodenbearbeitung), n=6, Fehlerbalken zeigen Standardabweichungen

β-Glucose

Die β-Glucoseaktivität zeigt sich durch die Menge an freigesetztem Saligenin als Indikator über die Zeit (3h). Die Auswirkung der unterschiedlichen Bodenbearbeitungsmethoden über den Versuchszeitraum auf die Saligeninwerte pro Zeiteinheit ist um 20 % höher in den M-Varianten gegenüber den P-Varianten. Stärkere Auswirkungen haben die unterschiedlichen FF auf die β-Glucoseaktivität und die klimatischen Bedingungen. Der höchste absolute Wert ist mit 125 µg Saligenin/gTS/3h für FF M1 (F2010) der niedrigste Wert mit 11,59 µg Saligenin/gTS/3h für FF P4 (H2008).

Alkalische Phosphatase

Phosphatasen sind „schaltbare“ (induzierbare) Enzyme, die bei geringer Verfügbarkeit von Phosphat verstärkt gebildet werden. Ihre Aktivität wird an der Freisetzung von Phenol (Indikator) über die Zeit (3h) gemessen. Die Auswirkung der unterschiedlichen Bodenbearbeitungsmethoden auf die Phosphatase-Aktivität ist um 42 % höher in den M-Varianten gegenüber den P-Varianten. Auswirkungen der unterschiedlichen FF auf den Phenolgehalt in den Bodenproben sind sehr unterschiedlich mit Differenzen von 69 %. Die klimatischen Verhältnisse zeigen Differenzen über 53 % von Herbst 2009 mit den niedrigsten und Frühjahr 2011 mit den höchsten Werten. Der höchste absolute Wert ist mit 252,8 µgPhenol/gTS/3h in FF M1 (F2011) gemessen worden, der niedrigste mit 8,4 µgPhenol/gTS/3h in FF P4 (F2009).

Arginin-Ammonifikation

Bei der Ammonifikation wird Stickstoff als NH_4^+ und NH_3 freigesetzt aus niedermolekularen Verbindungen durch mikrobiellen Abbau. Sie ist ein Teilprozess des N-Kreislaufs und des Abbaus organischer Stoffe im Boden. Liegt ein Überangebot an C vor wird die Ammonifikation gehemmt. Gemittelt über alle drei untersuchten Bodentiefen und den gesamten Untersuchungszeitraum gibt es Unterschiede im Ammonifizierungspotential der Böden zwischen den Bearbeitungsmethoden von 13 % zugunsten der M-Variante. Die Auswirkungen der klimati-

schen Schwankungen in den Untersuchungsjahren auf das Ammonifizierungspotential sind stärker als die Auswirkungen durch den Anbau verschiedener Fruchtfolgen.

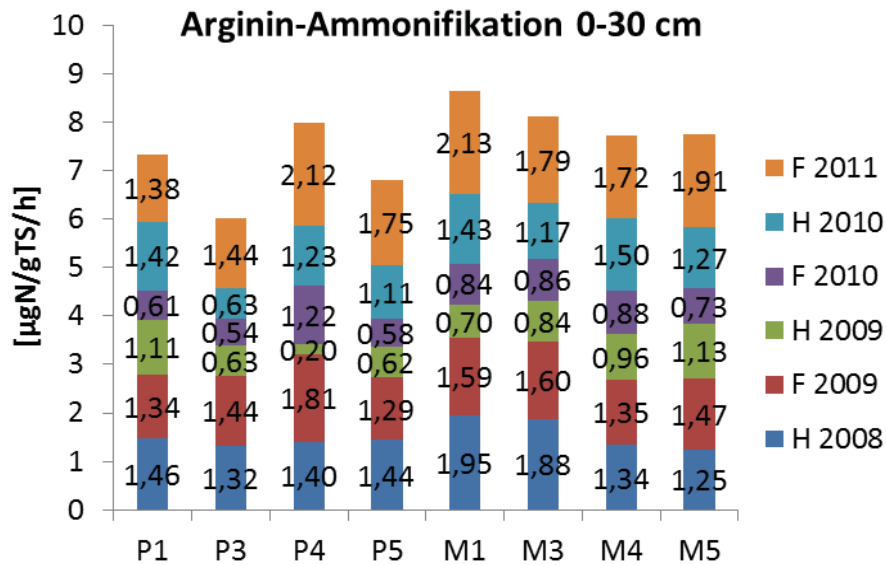


Abbildung 37: Ammonifizierungspotentiale gemessen mit der Arginin-Ammonifikation in $\mu\text{gN/gTS/h}$ Boden /h

PLFA (Phospholipidfettsäuren)

Mikrobielle Biomasse

Der Vergleich der im Frühjahr und im Herbst gezogenen Proben zeigt insgesamt eine deutliche Zunahme teilweise um das 2- bis 3-fache der mikrobiellen Biomasse (PLFA) vom Frühjahr zum Herbst 2009 in den Fruchtfolgen beider Bearbeitungssysteme. Die höchste Zunahme von Frühjahr auf Herbst in Bodentiefe 0-10 cm zeigt Fruchtfolge P3 und in Bodentiefe 10-20 cm Fruchtfolge P4. Dagegen zeigt die Minimalbodenvariante von Fruchtfolge 4 (M4) in beiden Bodentiefen die geringsten Schwankungen in der mikrobiellen Biomasse zwischen beiden Jahreszeiten.

Mikrobielle Zusammensetzung

Generell sind die Unterschiede in der mikrobiellen Zusammensetzung zwischen den Fruchtfolgen, den Bodentiefen und den Jahreszeiten sehr gering. Im Speziellen konnte allerdings in beiden Bearbeitungsvarianten von FF1 (P1, M1) über beide Jahreszeiten eine größere Dominanz der Bakterien im Vergleich zu den anderen Fruchtfolgen festgestellt werden.

Tabelle 12: Pilz/Bakterien-Verhältnis zwischen den Fruchtfolgen (1, 3, 4, 5) und den Bearbeitungssystemen (P, M) für Frühjahr 2009 und Herbst 2009.

Pilz:Bakterien- Verhältnis	Frühjahr		Herbst	
	0-10 cm	10-20 cm	0-10 cm	10-20 cm
P1	1,7	2,5	1,4	1,8
P3	2,5	2,9	2,6	2,4
P4	1,9	3,3	1,7	1,7
P5	3,6	4,7	2,3	2,1
M1	1,5	1,8	1,5	1,3
M3	2,2	2,5	3,3	2,3
M4	2,2	1,1	3,3	2,6
M5	2,1	5,3	5,7	2,5

Fazit:

Generell zeigen sich höhere Mikroorganismenaktivitäten in den Minimalbodenbearbeitungs- gegenüber den Pflug-Varianten. Signifikant höher sind sie in den Fruchtfolgen M1 und M3 gegenüber P1 und P3, nur tendenziell höher sind sie in bei M4 und M5 gegenüber P4 und P5. Die höchste mikrobielle und enzymatische Aktivität zeigt der Boden unter der FF M1. Die Sommerzwischenfrucht Sorghum (1. Jahr) und die Gründüngung Phacelia (3. Jahr) scheinen gute Nahrungsgrundlage für Bodenmikroorganismen zu sein. Auch die Abfolge Wintergetreide-Mais-Wintergetreide scheint für die Lebensbedingungen der Bodenorganismen von Vorteil zu sein. Fruchtfolge 4 und 5 haben beide niedrige Werte. Auffällig sind die niedrigen Werte der FF 5 mit Sommergerste und anschließend mehrjährigem Ackerfutter (Luzerne-gras). In dieser Fruchtfolge ist die höchste Humusbildung nachgewiesen (Glemnitz, et al., 2013). Die guten Bodenbeschaffenheiten (Humusgehalt und Bodenstruktur), die unter dem Anbau von Leguminosengemengen zu finden sind (Loges, 2013), scheinen weniger guten Bedingungen für Mikroorganismen zu bieten, weil hier eine geringere Aktivität der meist aeroben Bodenorganismen zu finden ist. Auch die FF4 mit einem Sommergetreide gefolgt von Wintergetreide und Winterraps fördern die Aktivität der Bodenmikroorganismen wenig. Die Ursache könnte in dem geringeren Eintrag organischer Substanzen in den Boden aus dieser FF sein.

Minimalbodenbearbeitung führt zu einer deutlichen Differenzierung der Mikroorganismenaktivität in den einzelnen Bodenschichten. In der oberen Bodenschicht führen die Anreicherung organischer Substanzen und das Vorhandensein von Sauerstoff zu einer Aktivitätssteigerung der Mikroorganismen. Dieses führt nicht nur zu hohen Umsätzen von Nährstoffen, sondern auch zu einer Zunahme mikrobiell resistenter C-Verbindungen. Humusbildung hat positive Auswirkungen auf Aggregatstabilität. Insgesamt ist die Auswirkung der Bodenbearbeitung aber gering im Vergleich zu den Auswirkungen der Fruchtfolgen und der jährlichen klimatischen Unterschiede auf die Bodenmikroorganismen.

Auch die Messung der PLFA zeigt höhere mikrobielle Biomassen in FF1 in beiden Bearbeitungsmethoden und bestätigt damit die anderen Untersuchungen. Abweichend davon zeigen die PLFA Untersuchungen sehr hohe Werte in P3 und M3 im Herbst 2009 in Bodentiefe 0-10 cm. Die Dominanz der Bakterien gegenüber den Bodenpilzen ist in allen FF bis auf FF5 gegeben. Höhere Anteile an Pilzen in Boden korrelieren mit hoher Humusbildung. Möglicherweise sind Bodenpilze an der Stabilisierung von organischer Substanz im Boden beteiligt.

6.1.3 Reduzierung Pflanzenschutz und Düngung

D. Zander, K. Deiglmayr, TFZ

Effiziente und nachhaltige Anbausysteme für Energiepflanzen sind für eine zukunftsfähige Entwicklung der Biogasbranche unabdingbar. Der optimierte Produktionsmitteleinsatz spielt dabei neben der Fruchtfolgegestaltung eine wichtige Rolle, da hier einerseits die Produktionskosten gesenkt werden und andererseits eine umweltverträgliche Landbewirtschaftung gefördert wird. Im Energiepflanzenanbau stehen Produktionsziele im Vordergrund, die stärker gesamtmasse- und weniger qualitätsorientiert sind. Hier bieten sich Möglichkeiten Pflanzenschutz- und Düngemiteleinsetze zu minimieren. In einem Satellitenversuch am Standort Ascha wurden die Auswirkungen (Vgl. Tabelle 1) reduzierter Pflanzenschutz- und Düngungsmaßnahmen auf die Ertragsleistung von Fruchtfolgen wurde geprüft.

Der Feldversuch wurde in den Fruchtfolgen 3, 6 und 8 (vgl. Tabelle 4 bzw. Anhang 1b) mit zwei Minimierungsstufen durchgeführt, die den Ergebnissen des Grundversuchs gegenübergestellt werden konnten (vgl. Tabelle 13).

Tabelle 13: Intensitätsstufen

Variante	Grundversuch	Minimierung 1	Minimierung 2
Intensität	ortsüblich optimal	-N (- 30 kg N/ha je Kultur)	-N, kein PSM (- 30 kg N/ha je Kultur und Verzicht auf PSM)

Pflanzensorten und N-Düngemengen wurden entsprechend regionaler Empfehlungen gewählt. Die Pflanzenschutzmaßnahmen bestanden aus einem dem Unkrautspektrum angepassten Herbizideinsatz. Bei den Minimierungsstufen 1 und 2 wurde die Stickstoffdüngung um jeweils 30 kg N/ha reduziert. In Minimierungsstufe 2 kam zusätzlich zur reduzierten N-Düngung ein Verzicht auf eine Pflanzenschutzmittelapplikation hinzu. Wie der Einsatz der Produktionsmittel in den einzelnen Fruchtfolgen und Fruchtfolgegliedern im Detail umgesetzt wurden, ist im Abschlussbericht im Anhang 11 nachzulesen.

Ergebnisse

Wie Abbildung 38 verdeutlicht, hat die Reduktion von Produktionsmitteln einen Einfluss auf den Gesamttrockenmasseertrag der geprüften Fruchtfolgen. Während in den Fruchtfolgen 3 und 8 die Reduzierung der N-Düngung (Minimierungsstufe 1) keine signifikante Reaktion auf den kumulierten Trockenmasseertrag ausübte, ist ein statistisch abgesicherter Ertragseffekt, gemessen am Trockenmasseertrag, bei Fruchtfolge 6 nachzuweisen. Die Ertragsergebnisse aus der zweiten Minimierungsstufe verdeutlichen, dass ein Verzicht von Pflanzenschutzmitteln einen sehr deutlichen Rückgang des Gesamttrockenmasseertrages aller geprüften Fruchtfolgen zur Folge hat. Diese Ertragsminderungen sind durch die differenzierten Reaktionen der Fruchtarten zu erklären.

Eine reduzierte Stickstoffdüngung wurde im Allgemeinen von allen Fruchtfolgegliedern toleriert. Im gesamten Untersuchungszeitraum reagierten die Wintergetreidebestände Winterroggen, Wintertriticale und Wickroggen und die Buchweizen-Phacelia-Mischung sowie

die Maisbestände in FF 3 (Silomais) und 8 (Körnermais) mit Ertragsrückgängen auf das reduzierte N-Düngeniveau. Diese Änderungen im Ertrag sind jedoch nicht signifikant. In Fruchtfolge 6 (Silomais) hingegen zeichnete sich ein Ertragsrückgang des Maises von -23 % unter reduzierter Stickstoffdüngung ab. Wegen des starken Durchwuchses von Bastardweidelgras, das mit Mais um die verfügbaren Nährstoffe konkurrierte, war hier die N-Versorgung des Maisbestandes vermutlich stärker limitiert, so dass sich in dieser Variante die zusätzliche Reduktion der Stickstoffdüngung negativ auf den Maisertrag auswirkte.

Die Wintergetreide- als auch die Weidelgrasbestände verzeichneten keinen signifikanten Ertragsrückgang bei fehlender Herbizidapplikation (Minimierungsstufe 2). In diesen Kulturen besteht unter Umständen ein Einsparungspotenzial in der Produktionstechnik. In der Praxis wäre dies vor allem dann zu sehen, wenn ein insgesamt nur niedriger Unkrautdruck vorliegt und die meisten der vorhandenen Unkräuter bis zu dem Erntetermin nicht zur Samenreife kommen.

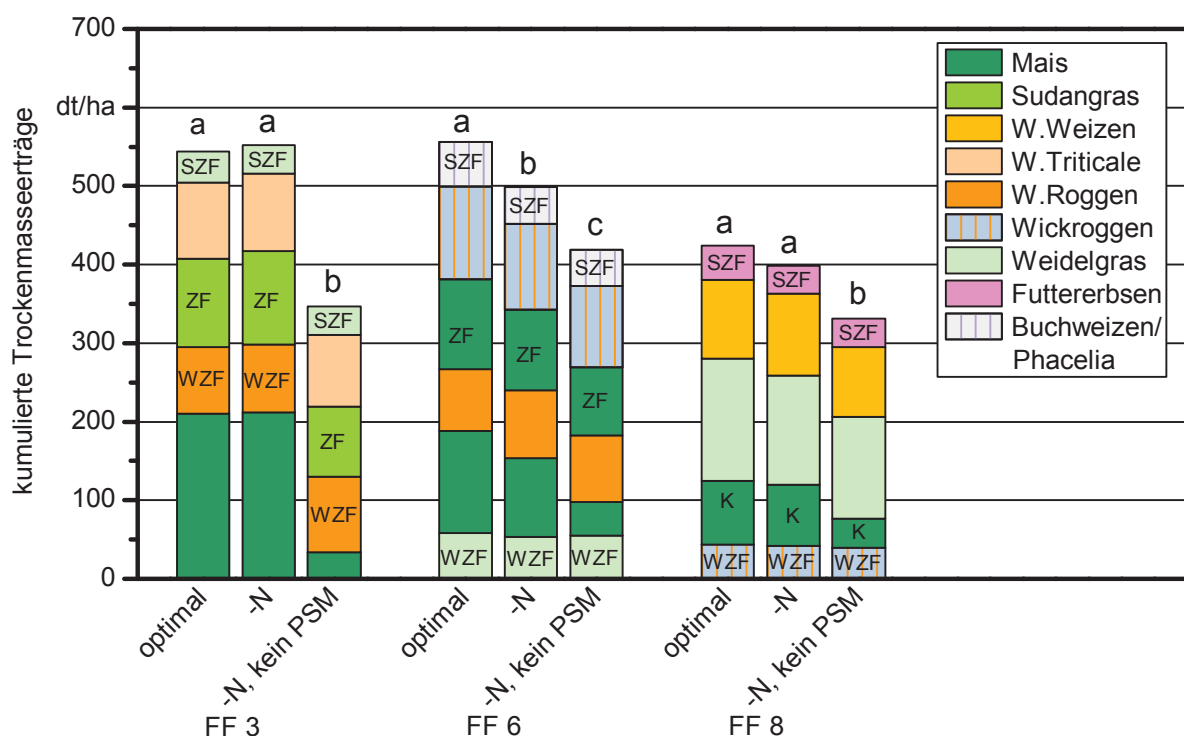


Abbildung 38: Einfluss der Intensitätsstufen auf die Trockenmasseerträge der geprüften Kulturabfolgen in Anlage III am Standort Ascha, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Intensitätsstufen einer Kulturabfolge

Der Verzicht auf Pflanzenschutzmittelanwendungen führte aber bei Mais zu erheblichen Ertragsverlusten. In allen drei Fruchtfolgen führte der fehlende Pflanzenschutzmitteleinsatz zu einer starken Verunkrautung der Maisbestände und damit zu einer vorgezogenen Notbeerntung und damit zu sehr geringen Trockenmasseerträgen (34 bis 43 dt/ha). Hier bestätigten sich die Ergebnisse aus dem Erntejahr 2006 (EVA I), dass beim Maisanbau auf eine effiziente Unkrautkontrolle nicht verzichtet werden kann. Das langsame Jugendwachstum und die damit verbundene Konkurrenzschwäche gegenüber Unkräutern kann als wesentliche Ursache genannt werden. Diese Ertragsrückgänge des Maises – als Hauptertragsbildner einer Fruchtfolge – war ausschlaggebend für die signifikant geringeren Erträge der geprüften Fruchtfolgen in den Varianten ohne Herbizideinsatz. In Anlage IV zeichnet sich ein ähnlicher Trend ab (vgl. Abbildung 39). In Bezug auf den Mais in Fruchtfolge 8 in Anlage IV sei noch erwähnt, dass dieser witterungsbedingt die Vollreife nicht erreichen konnte und

als GPS-Mais und nicht wie geplant als Körnermais geerntet wurde. Einzelheiten zu dem Versuch sind dem Anhang zu entnehmen.

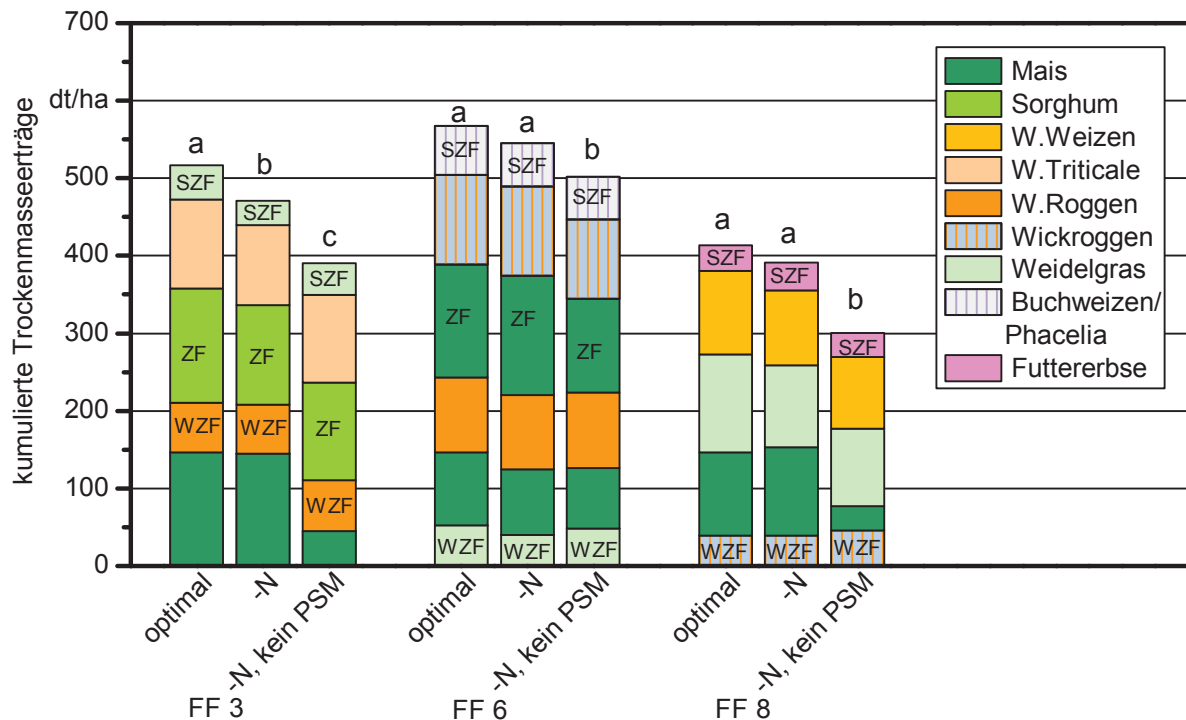


Abbildung 39: Einfluss der Intensitätsstufen auf die Trockenmasseerträge der geprüften Kulturabfolgen in Anlage IV am Standort Ascha, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Intensitätsstufen einer Kulturabfolge

Zusammenfassend:

- Es kann bestätigt werden, dass eine mangelnde Unkrautkontrolle im Mais aufgrund seiner langsamen Jugendentwicklung zu extremen Ertragseinbußen führt.
- Ein Verzicht auf eine Herbizidapplikation ist nur bei konkurrenzstarken Winterungen möglich ist.
- Hier ist im Allgemeinen eine genaue Prüfung der Unkrautsituation anzuraten. Bei geringem Unkrautdruck liegen entsprechende Faktorminimierungspotenziale vor.
- Der Effekt der reduzierten Düngung war insgesamt deutlich geringer als der des ausbleibenden Pflanzenschutzes. In einigen Fruchtarten resultierten daraus allerdings, wie zu erwarten war Ertragseinbußen.

6.1.4 Kleiner Gärrestversuch

Formowitz, B. (TFZ)¹¹

Um den Nährstoffexport über Erntegüter auszugleichen, werden in Anbausystemen für Biogassubstrate entstehende Gärrückstände aus der Biogasanlage als organische Dünger zurück aufs Feld gebracht. Dadurch können Nährstoffkreisläufe weitestgehend geschlossen und Mineraldünger eingespart werden. Allerdings erhöht ein hoher Ammoniumanteil (NH_4) am Gesamtstickstoff (N_{ges}) bei gleichzeitig hohen pH Werten das Risiko von Ammoniakemissionen, weshalb großen Wert auf eine verlustarme Ausbringung zu legen ist. Während die humusreproduzierende Wirkung des Gärrestes aufgrund seines Gehaltes an stabiler organischer Substanz als relativ hoch eingeschätzt wird (Gutser, et al., 2006), limitieren die oftmals hohen Nährstoffgehalte im Gärrest die nach Düngeverordnung erlaubten Ausbringungsmengen und somit die Rückführung organischer Substanz deutlich. Die Gärrest-Wirkung auf Ertragsstabilität, Bodenstruktur, Humusgehalt sowie Bodenfauna ist noch nicht vollständig geklärt.

Ziel des „Kleinen Gärrestversuchs“ (KIGV) ist die Klärung der ertraglichen, ökologischen und ökonomischen Unterschiede zwischen einer reinen Gärrestdüngung im Vergleich zu einer gemischten sowie einer rein mineralischen Variante. Zusammen mit dem GHG-Verbundprojekt „Potenziale zur Minderung der Freisetzung von klimarelevanten Spurengasen beim Anbau von Energiepflanzen zur Gewinnung von Biogas“ werden seit 2011 die entstehenden Klimagasemissionen gemessen, die für eine Bewertung der Produktionsweisen bedeutsam sind.

Versuchsaufbau

Der kleine Gärrestversuch (KIGV) wurde an den Standorten Ascha (BY), Dornburg (TH), Gülzow (MV), Ettlingen (BW), Werlte (NI) und Trossin (SN) in Anlehnung an die jeweilige, mineralisch gedüngte Fruchtfolge 3 (FF 3) des EVA Grundversuchs angelegt (Vgl. Tabelle 3)¹². Der kleine Gärrestversuch startete mit Mais als erstem Fruchtfolgeglied der Anlage I in 2009 sowie der Anlage II in 2010. Es folgten jeweils Winterroggen, Sorghum, Wintertriticale, Weidelgras und als Abschlussfruchtfolgeglied Winterweizen. Die Stickstoff-Düngevarianten im KIGV bestehen aus einer ausschließlichen Gärrest-N-Düngung (org) und einer 50/50 mineralisch/Gärrest-N-Variante (mix) im Vergleich zu der gänzlich mineralisch gedüngten Variante (min; N-Soll). Zur Berechnung der benötigten N-Mengen wurde ein Mineraldüngeräquivalent (MDÄ) von 70 % unterstellt. Dabei wurden keine Ausbringungsverluste angerechnet.

Ausgewählte Ergebnisse

Generell erzielten im KIGV die organischen Düngevarianten (mix und org) aller Kulturen vergleichbare oder gar höhere Erträge als die Mineraldüngervariante (vgl. Abbildung 40). Ertragsschwankungen sind zumeist auf Witterung, Schwankungen der Gärrestinhaltsstoffe und Produktionstechnik an den einzelnen Standorten zurückzuführen. So wurden für alle summierten Erträge je Fruchtfolge, aber auch für einzelne Kulturen signifikante Jahreseffekte, mit Ausnahme von Sorghum, und signifikante Ortseffekte gefunden. Beim Abschluss-

¹¹ Für eine ausführliche Darstellung aller bisherigen Ergebnisse des Kleinen Gärrestversuchs siehe Anhang 12 (Endbericht).

¹² Standortbeschreibungen mit wichtigen Kennzahlen zu Boden und Witterung sind in Kapitel 3.1 zu finden.

fruchtfolgeglied Winterweizen (Ergebnisse nicht dargestellt) wurden gleiche signifikante Effekte vorgefunden. Die Ertragsunterschiede des Weizens zwischen den Jahren sind mit extremen Witterungsbedingungen 2013 zu erklären, wo an vielen Orten auf ein viel zu nassen Frühjahr eine ausgeprägte Sommertrockenheit folgte. Durch die Trockenheit werden Bodenmikroorganismen in ihrer Aktivität gehemmt, die Voraussetzung für die Freisetzung der Nährstoffe aus dem organischen Dünger ist.

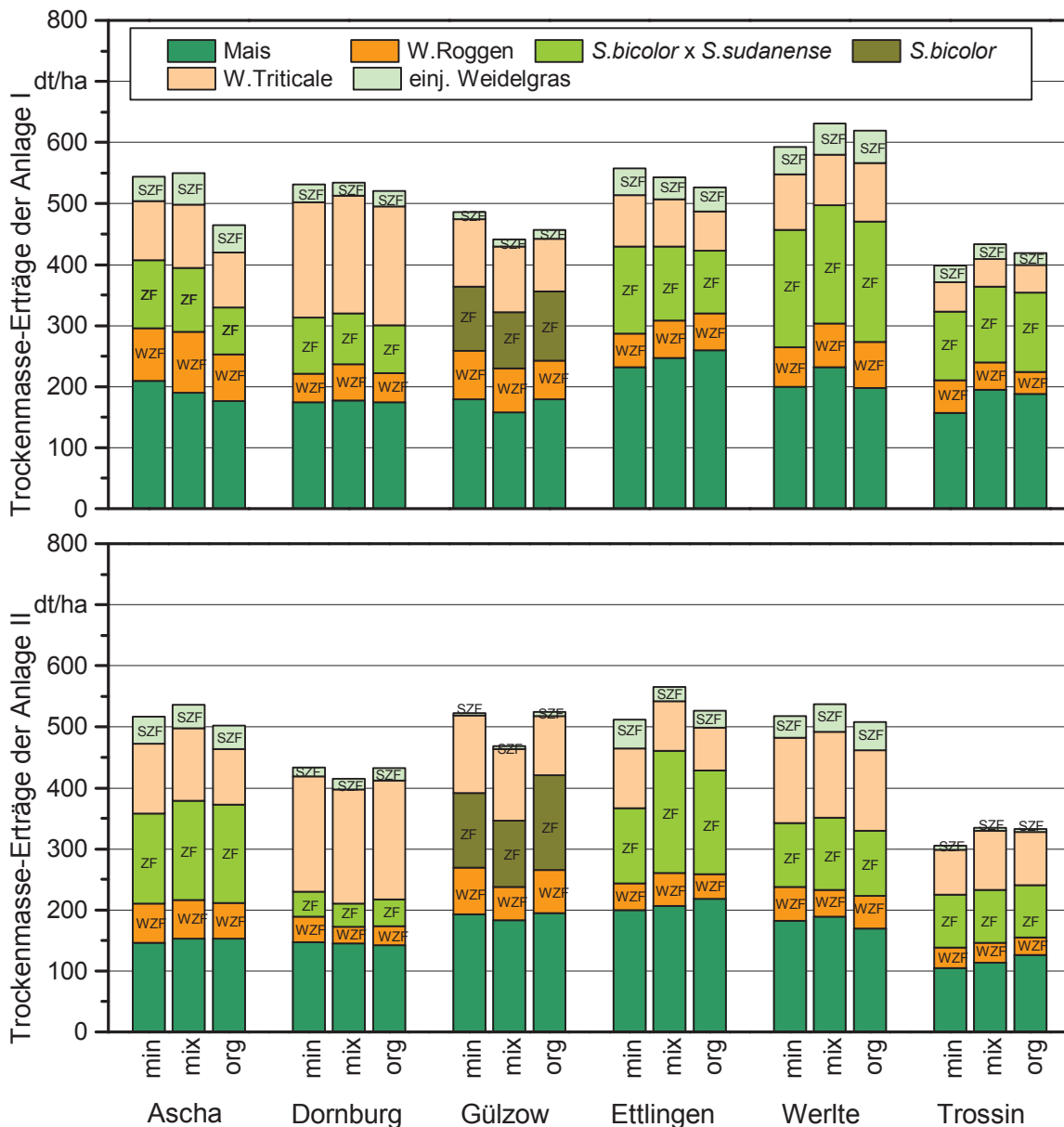


Abbildung 40: Summierte Trockenmasse-Erträge je Kultur, Düngevariante und Standort des Kleinen Gärrestversuchs (Anl. I: Start 2009; Anl. II: Start 2010)

Überwiegend zeigt sich die mix-Variante als gute Möglichkeit, mit den kurz- und langfristigen Düngeeffekten der mineralischen und organischen Dünger, die Biomasseproduktion zu steigern. Der schnellverfügbare Nährstoffanteil wirkt sich vor allem auf eine gute Jugendentwicklung aus, während der organisch gebundene, erst langsam verfügbar werdende Anteil

die Nährstoffversorgung über die gesamte Vegetationsperiode sichert. Auch können mineralische Düngegaben noch zu wesentlich späteren Zeitpunkten in den Bestand ausgebracht werden als organische Dünger und so zur Qualitätssicherung beitragen. Darüber hinaus ist eine Aufteilung der Düngegaben insofern zu empfehlen, da sie es ermöglicht, sich mit den Düngemengen der Witterung und somit individueller dem jährlichen und saisonalen Bedarf der Kulturen anzupassen. Eine solche Kombination sorgt gleichzeitig dafür, dass keine Nährstoffüberschüsse, z. B. für Phosphor (P), generiert werden, da Mineraldünger für Einzelnährstoffe zur Verfügung stehen und so gezielter gedüngt werden kann. Dies wird bestätigt durch die Ergebnisse im KIGV. Hier wurden die laut Düngeverordnung einzuhaltenen Grenzwerte für P ($20 \text{ kg P}_2\text{O}_5$ je Jahr im Betriebsdurchschnitt der letzten 6 Jahre) sogar weit unterschritten, mit Ausnahme der rein organischen Variante.

Da keine Tabellenwerte für die Inhaltstoffe von Gärresten abgeleitet werden können, sondern diese zu Weilen starke Schwankungen an Nährstoffgehalten aufweisen (vgl. 6.2), ist eine genaue Kenntnis dieser Gehalte Voraussetzung für die Berechnung bedarfsgerechter Düngemengen und die exakte Ausbringung derer.

An einigen Standorten und in einzelnen Jahren wurden aufgrund witterungsbedingter Nachlieferungen aus dem Boden N_{\min} -Gehalte von bis zu 121 und 135 kg N/ha vorgefunden. Im Durchschnitt lagen die N_{\min} -Werte nach Ernte der einzelnen Fruchtfolgeglieder jedoch meist unter 40 kg N/ha. Für Mais schwankten sie jedoch im Mittel zwischen 35 (org), 50 (mix) und 61 kg N/ha (min) während für Wintertriticale im Mittel über alle Standorte in allen Varianten nicht mehr als 25 kg N/ha gemessen wurden. Bei allen Kulturen wurden in einzelnen Jahren Höchstwerte über 45 kg N/ha nach Ernte vorgefunden, welche ein erhöhtes Risiko der Nitratauswaschung über Winter darstellen können. Es zeigt sich, dass das Stickstoff-Aufnahmevermögen von Winterungen und Zwischenfrüchten im Rahmen der Fruchtfolge von entscheidender Bedeutung für den Gewässerschutz sein kann.

Für Mais und Sorghum wiesen alle Düngevarianten sehr niedrige bis niedrige Humussalden auf (Berechnung ZALF). Dies deutet auf eine Humuszehrung hin, wodurch der Boden langfristig seine Funktionen als Nährstoff- und Wasserspeicher nicht mehr erfüllen kann. Auch für die mineralische und gemischte Variante bei Wintertriticale lagen die Humussalden im niedrigen bis sehr niedrigen Bereich. Im Gegensatz dazu zeigten alle Düngevarianten von Weidelgras und Grünroggen, bei letzterem mit Ausnahme der Mineraldüngervariante, positive Humussalden im ausgeglichenen bis sehr hohen Bereich. Somit wäre eine Kombination von stark zehrenden Kulturen und einjährigem Anbau von Weidelgras in der Fruchtfolge zum Erreichen ausgeglichener Humusbilanzen über eine Fruchtfolge gesehen sehr zu empfehlen. Über die ganze Fruchtfolge betrachtet stellte auch für die Humusbilanz die gemischte Düngevariante das Optimum dar, während die Mineraldüngervariante im sehr niedrigen Bereich und die rein organische Variante im hohen Bereich lag.

Die vom ZALF berechneten Energiebilanzen der Düngevarianten im KIGV verdeutlichen, dass Energieerträge zwar stark abhängig sind von fruchtarten- und fruchtfolgespezifischen Erträgen, der Energieeinsatz jedoch eine weitaus größere Auswirkung auf die Energiebilanz hat. Während der Energieverbrauch von Saatgut- und Pflanzenschutzmittelherstellung gering einzustufen ist, weist die Herstellung Mineraldüngern (vor allem N und Kalk) den größten Energieverbrauch auf. Somit kann die Düngung mit Gärresten den Energieeinsatz drastisch senken, woraus die höchsten Energiesalden der rein organischen gefolgt von der gemischten Variante resultieren.

Beim Vergleich der von der Universität Gießen zur Verfügung gestellten Deckungsbeiträge je Kultur und Standort der einzelnen Düngevarianten im KIGV zeigt sich, dass Mais, Wintertriti-

cale und als Korngetreide angebauter Winterweizen überwiegend positive Deckungsbeiträge erzielen. Für Sorghum galt dies nur für einige Standorte und Weidelgras als Sommerzwischenfrucht sowie Grünschnittroggen erzielten negative Deckungsbeiträge. Somit sollten diese Kulturen, die zwar hohe Deckungsbeiträge liefern, aber im Fall von Mais als Biogaskultur eher humuszehrend wirken, mit anderen humusanreichernden Kulturen innerhalb einer Fruchtfolge kombiniert werden. So fällt zwar insgesamt der Deckungsbeitrag über die Fruchtfolge etwas niedriger aus, jedoch bleibt die Bodenfruchtbarkeit erhalten und gewährleistet einen nachhaltigen Anbau. Generell ist nach bisheriger Versuchsdauer kein klarer ökonomischer Vorzug einer Düngevariante zu erkennen.

Zusammenfassend:

- Beide organische Varianten erzielten vergleichbare Erträge zur Mineraldüngervariante. Dabei zeigte sich die gemischte Variante oftmals als leicht überlegen, durch die Möglichkeit kurzfristige und Langzeit-Düngeeffekte beider Düngeformen zu kombinieren.
- Allgemein wurden eher geringe Nitratauswaschungen je Kultur vorgefunden, welche jedoch – bei unvorhersehbaren Produktionsschwierigkeiten und Ertragseinbußen oder witterungsbedingt sehr hohen Mineralisationsraten – je nach Standort und Jahr erheblich höher ausfallen können. Der Anbau von Zwischenfrüchten oder die Etablierung von Untersaaten sichert eine Teilaufnahme sowie Festlegung überschüssiger N-Mengen in der produzierten Biomasse und verringert dadurch das NO_3 -Auswaschungsrisiko, besonders über Winter.
- Die gemessenen N_{\min} -Werte im Herbst, als wichtiger Indikator für die Auswaschungsgefährdung, zeigten im Versuch keine nennenswert höheren Werte der Varianten mit organischer Düngung.
- Auswirkungen organischer Dünger auf wichtige Bodenkenngößen, wie z. B. Humusgehalte, lassen sich erst nach mehrjähriger Anwendung messen. Hier soll im weiteren Projektverlauf (EVA III) ein besonderer Fokus gelegt werden, ebenso wie auf effiziente Düngestrategien mit Gärresten und dem Anbau von Zwischenfrüchten und Untersaaten. Erste Auswertungen deuten jedoch für Mais und Sorghum eine Humuszehr in allen Varianten an, während die Humussalden über alle Kulturen in der mix-Variante im optimalen Bereich lagen.
- Die enge Zusammenarbeit mit dem Verbundprojekt „Potenziale zur Minderung der Freisetzung von klimarelevanten Spurengasen beim Anbau von Energiepflanzen zur Gewinnung von Biogas“ lässt auf viele weitere Ergebnisse in naher Zukunft hoffen, die die ökologische und ökonomische Begleitforschung abrunden.
-

6.2 Großer Gärrestversuch

Formowitz, B., TFZ¹³

Einleitung und Fragestellung

Gärreste oder Gärprodukte, die nach der Vergärung anfallen, gelten als wertvolle organische Dünger, da ein großer Nährstoffanteil der Ausgangssubstrate nach der Vergärung in minera-

¹³ Für eine ausführliche Darstellung aller bisherigen Ergebnisse des Großen Gärrestversuchs siehe Anhang 10 .

lisierter und somit direkt in pflanzenverfügbarer Form vorliegen. Für eine bedarfsgerechte Düngung mit Gärresten spielt die Kenntnis der düngerelevanten Inhaltstoffe, deren Verfügbarkeit und mineraldüngeräquivalente Wirkung für das Pflanzenwachstum eine entscheidende Rolle. Da Produktionssysteme für Biogassubstrate immer auch in Zusammenhang mit einer organischen Düngung zu sehen sind, ist diesem Aspekt eine hohe Bedeutung beizumessen.

Aus diesem Grund wurde im Rahmen des Verbundprojektes eine Versuchsreihe zur Düngewirksamkeit von Gärresten angelegt. Im Rahmen dieses „Großen Gärrestversuchs“ (GrGV) wurde den Fragen nachgegangen, ob bei der Unterstellung eines Mineraldüngeräquivalents (MDÄ) von 70 % ausreichend Stickstoff (N) ausgebracht wird, um den Bedarf der Kulturen zu decken und welche Gärrestmenge vergleichbare Erträge zur optimal mineralischen Düngung erbringt. Seit 2011 werden durch das GHG-Verbundprojekt „Potenziale zur Minderung der Freisetzung von klimarelevanten Spurengasen beim Anbau von Energiepflanzen zur Gewinnung von Biogas“ die entstehenden Klimagasemissionen nach Gärrestdüngung gemessen, um gleichzeitig Aussagen zur Reduktion von Treibhausgasemissionen zu gewinnen.

Versuchsaufbau

Auf einer jährlich wechselnden Fläche wurde im GrGV Mais sowie eine jeweilig regional bedeutsamen Zweitkultur angebaut: Weidelgras (Ascha, BY; Werlte, NI), Wintertriticale (Dornburg, TH; Gülzow, MV) sowie *Sorghum bicolor* (Ettlingen, BW). Die N-Düngung bestand dabei bei allen Kulturen aus vier N-Stufen (100 % mineralisch; 75 % Gärrest; 100 % Gärrest; 125 % Gärrest) sowie 3 weiteren bei Mais (0 % N-Düngung; 50 % Gärrest; 200 % Gärrest) an den Messstandorten des GHG-Kooperationsprojekts (BY, TH, MV).

Ausgewählte Ergebnisse

Zur Fütterung von Biogasanlagen werden unterschiedlichste Materialien verwendet, die je nach Substrateigenschaft und -mischungsverhältnis, Verweildauer im Fermenter, Gärmilieu und Prozessführung unterschiedlich abgebaut werden. Während der Fermentation wird die Trockensubstanz, schnell abbaubare C-Verbindungen, überwiegend in Methan umgewandelt, so dass der TS-Gehalt deutlich abnimmt. Häufig liegen die TS-Gehalte zwischen 5 und 7 %, so auch bei den nicht separierten Gärresten, die im EVA-Projekt verwendet wurden (Tabelle 14). Allerdings können die Inhaltstoffe der Gärreste durch variierende Substrateigenschaften, veränderte Fütterung der Anlagen und Änderungen des Gärmilieus sowie unvorhergesehene Wassereinträge bei nicht abgedeckten Nachgärern starken Schwankungen unterliegen.

Tabelle 14: Minimum, Maximum und Mittelwert aller Nährstoffgehalte der an den sechs im EVA-Projekt beteiligten Standorten untersuchten Gärreste aus Nawaro- und Kofermentationsanlagen bis 2013

Biogasanlage		Nährstoffgehalte im Gärrest*								
		TS	pH	C	NH ₄	N _{ges}	P	K	C/N	NH ₄ von N _{ges}
		in %				in % FM				in %
Nawaro	Min	1,5	7,3	1,4	0,10	0,18	0,02	0,13	4,4	34
	Max	8,4	8,2	5,1	0,39	0,70	0,15	0,66	11,7	83
	Ø	5,2	7,7	3,4	0,22	0,41	0,08	0,31	8,1	54
Kofermentation	Min	2,5	7,2	1,1	0,09	0,20	0,03	0,15	2,8	26
	Max	8,6	8,7	4,8	0,41	0,59	0,10	0,55	18,3	89
	Ø	5,4	7,7	2,4	0,22	0,35	0,06	0,29	7,0	63

*Anzahl Messungen: 22 bei Nawaro- und 66 bei Kofermentationsanlagen

Es wird deutlich, dass keine „Standard- oder Tabellenwerte“ für Gärreste abgeleitet oder festgelegt werden können. Somit besteht ohne eine engmaschige Analyse mitunter die Schwierigkeit, mittels ausgebrachter Gärrest-Mengen, die anvisierten Nährstoffmengen (besonders N) zu düngen. Da Gärreste aufgrund verringerter TS-Gehalte dünnflüssiger sind, weniger Pflanzenverschmutzung verursachen und schneller in den Boden eindringen, werden Emissionen nach Gärrestdüngung im Vergleich zu z. B. Rindergülle reduziert. Andererseits bergen Biogasgärreste jedoch durch hohe Ammoniumanteile am Gesamtstickstoff bei gleichzeitig hohen pH-Werten die Gefahr des Ammoniakverlustes. Der Einsatz verlustarmer Ausbringverfahren (z. B. Injektion, Schleppschläuche etc.) bei bedecktem Himmel und niedrigen Temperaturen sowie die sofortige Einarbeitung beugen gasförmigen N-Verlusten vor.

Wie zu erwarten ergaben sich für alle Kulturen signifikante Jahres- und Standorteffekte. Dennoch lieferten bei Betrachtung der vier, an allen Standorten angelegten Düngevarianten über drei Jahre und alle Standorte hinweg die drei organischen Varianten 75 % Gärrest, 100 % Gärrest und 125 % Gärrest vergleichbare Maiserträge zur mineralisch gedüngten Variante (vgl. Abbildung 41). Signifikante Unterschiede ergaben sich lediglich bei der Auswertung über die drei Messstandorte und deren 7 Düngevarianten. Hier erreichte erwartungsgemäß die 0-N-Düngevariante die signifikant niedrigsten Erträge. Hingegen gab es keinen signifikanten Unterschied zwischen den drei Varianten mit höchsten Gärrestgaben 100 % Gärrest, 125 % Gärrest und 200 % Gärrest, die jedoch signifikant höhere Erträge erzielten als die mineralische, die 50 % Gärrest- und 75 % Gärrest-Variante. Bei Weidelgras und Wintertriticale überzeugte im Durchschnitt über die jeweiligen 2 Anbau-Orte nur die 125 % Gärrest-Variante durch Erreichen vergleichbare Erträge zur Mineraldüngervariante. Bei Sorghum, welches nur Baden Württemberg angebaut wurde, konnten keine signifikanten Ertragsunterschiede zwischen den Düngevarianten festgestellt werden.

Aus diesem Versuch geht hervor, dass die mit der Unterstellung eines MDÄ von 70 % ausgebrachten schnell verfügbaren N-Mengen bei Mais und Sorghum in einigen Jahren und

an einigen Standorten mit der 75 %-Variante vergleichbare Erträge zu der jeweiligen Mineraldüngervariante hervorbrachten, insgesamt jedoch die 100 % und 125 % Gärrestvarianten noch höhere Erträge erzielten. Unter optimalen Witterungsbedingungen könnten somit eventuell mineralische Dünger eingespart werden. Eine generelle Reduzierung der N-Gabe bei Mais und Sorghum wäre zwar aus Wasserschutzsicht zu begrüßen, um Risiken der Nitratauswaschung über Winter zu verringern, doch müssen dabei die Nährstoff- und Humusbilanzen im Auge behalten werden, um eine negative Auswirkung auf die Bodenfruchtbarkeit zu vermeiden.

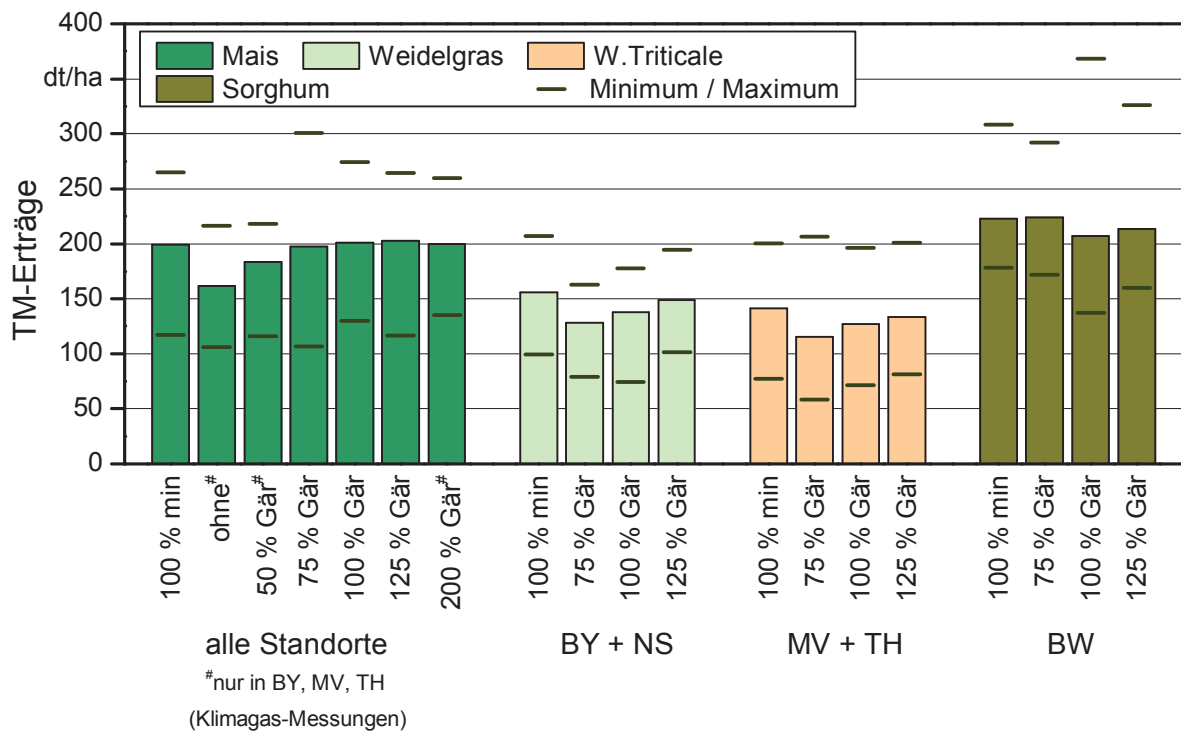


Abbildung 41: Über alle Standorte und 3 Jahre gemittelte Trockenmasse-Erträge von Mais, Weidelgras, Wintertriticale und Sorghum bicolor je Düngevariante sowie die jeweiligen Minimal- und Maximalerträge

Die Unterschiede der minimalen und maximalen Erträge sind vor allem den Standortunterschieden und ihren jeweiligen Ertragsniveaus zuzuschreiben. Hinzu kommen witterungsbedingte Jahreseffekte, die sich teils gravierend auf die Erträge und Mineralisationsraten auswirkten. So wurden beispielsweise 2010 im Durchschnitt 6 bis 23 dt TM/ha weniger Mais geerntet als im Vorjahr (2009) und sogar 40 bis 60 dt TM/ha weniger im Vergleich zum Folgejahr 2011.

Wie im Kleinen Gärrestversuch wurden die höchsten N_{\min} -Gehalte nach der Ernte von Mais vorgefunden (durchschnittlich zwischen 40 und 83 kg N/ha), die zum Teil durch witterungsbedingte Jahreseffekte beträchtlich ausfielen und z. B. in Ascha im Jahr 2010 Werte über 180 kg N/ha erreichten. Bei den Zweitkulturen liegen die N_{\min} -Werte an allen Standorten, mit wenigen Ausnahmen, in einem eher niedrigen Bereich von 30 kg N_{\min} /ha. Vor allem der Vergleich der dreijährig erfassten N_{\min} -Werte in Ascha verdeutlicht, dass – wenn in der Kulturart möglich – eine Teilung der organischen Gaben auf mehrere über das Jahr verteilte Termine eine bessere Anpassung an den jeweiligen N-Bedarf der Kultur je Witterungsverlauf

und Jahreszeit erlaubt. Sofern kein weiterer witterungsbedingter Mineralisationsschub nach der letzten Ernte erfolgte, war an allen Standorten und allen N-Düngevarianten das Risiko des Nitrataustrags über Winter sehr gering.

Bei den N-Bilanzen wurden insgesamt für einzelne Kulturen Gesamt-N-Überschüsse in Höhe von durchschnittlich 15 bis zum Teil deutlich über 100 kg N/ha berechnet. Dieser Stickstoff wird in späteren Jahren teilweise für die N-Nachlieferung aus dem Boden zur Verfügung stehen. Die Humusbilanzen für Mais und Sorghum liegen im GrGV nur für die 100 % und 125 % Gärrest-N Varianten im niedrigen bis ausgeglichenen Bereich. Und während für Wintertriticale in Dornburg und Gülzow alle Varianten im ausgeglichenen bis hohen Bereich liegen, mit Ausnahme der Mineraldüngervariante, die mit -280 kg C/ha*a im sehr niedrigen Bereich liegt, sind die Humusbilanzen der Weidelgrasvarianten in Ascha und Werlte alle im hohen bis sehr hohen Bereich. Somit wäre eine Kombination von stark zehrenden Kulturen und einjährigem Anbau von Weidelgras in der Fruchtfolge zum Erreichen ausgeglichener Humusbilanzen über eine Fruchtfolge gesehen sehr zu empfehlen.

Ergebnisse der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (CAU Kiel) im GHG-Projekt zeigen deutlich, wie wichtig die unverzügliche Einarbeitung der Gärreste ist, um Ammoniakverluste zu vermeiden, die bei Mineraldüngern generell sehr gering ausfallen. So erhöhte hauptsächlich eine verzögerte Einarbeitung in Dornburg aufgrund technischer Probleme die Ammoniakverluste im Jahr 2011 im Vergleich zum Standort Ascha. Auch der Standortvergleich im Jahr 2012 zeigt dass die direkte Ausbringung in den Boden (Injektion in Gülzow) mit weniger Verlusten behaftet ist als die Ausbringung mit Schleppschläuchen (Ascha und Dornburg). Zusätzlich sind unterschiedliche Gärrestinhaltsstoffe ausschlaggebend für die Höhe der NH_3 -Verluste. So wiesen die Gärreste in Dornburg einen höheren pH-Wert von 7,8 und einen höheren Anteil NH_4 am Gesamtstickstoff auf (65 %) verglichen mit den Gärresten in Ascha (pH = 7,5; NH_4 = 41 %), was ebenfalls zu den erhöhten Verlusten 2011 beitrug. Momentan erfolgt eine intensive Auswertung und Überprüfung der N_2O -Messungen in Gülzow, Hohen-schulen und Dedelow sowie der umfangreichen Untersuchungen zum Methan-und Kohlendi-oxidaustausch auf allen Standorten des Klimagas-Projektverbunds. In Kürze werden neue Resultate erwartet.

Die von der Universität Gießen bereitgestellten Deckungsbeiträge fallen über alle Standorte hinweg betrachtet für alle Kulturen in unterschiedlicher Höhe positiv aus, mit Ausnahme von Weidelgras. Allerdings gab es starke Standortunterschiede, so dass die Mineraldüngervariante und die Variante mit 125 % Gärrest für Weidelgras am Standort Ascha leicht positive Deckungsbeiträge von 46 und 31 €/ha erzielen konnte, während alle Varianten in Werlte negativ ausfielen. Gleiche Standortunterschiede wurden für Wintertriticale festgestellt, welche deutlich besser in Dornburg abschnitt als in Gülzow. Aus diesen Ergebnissen wird deutlich, wie wichtig standortangepasste Fruchtfolgen und Produktionstechniken sind, durch die der Landwirt ökonomische Gewinne einfahren kann. Diese Wirtschaftlichkeit wird an den meisten Standorten durch den Ertragsbildner Mais gestützt, während die ökonomisch zweit- und drittbesten Kulturen je nach Standortbedingungen sehr differenziert ausfallen.

Zusammenfassend:

- Aus den Gärrestversuchen in EVA wird deutlich, wie wichtig kontinuierliche und engmaschige Gärrestanalysen sind, um die zu düngenden Nährstofffrachten richtig zu kalkulieren.
- Mais und Sorghum zeigen eine etwas bessere Ausnutzung der organisch gedüngten Nährstoffe als die Wintergetreide und das Weidelgras. Es war jedoch festzustellen, dass

ein generell unterstelltes N_{ges} -MDÄ von 70 % zu hoch gegriffen ist, zumal keine Ausbringverluste angerechnet wurden. Besonders ein auf N_{ges} bezogenes MDÄ sollte niedriger angesetzt sowie je Ausbringtermin und Kulturart variiert werden (vgl. Lichti, et al., 2012), wobei die Vorgaben laut Düngeverordnung und Empfehlungen der Düngerberechnung je Bundesland zu beachten sind.

- Um Nährstoffverluste, insbesondere in Form von Ammoniak bei Ausbringung zu vermeiden, sollte bei oberflächlicher Ausbringung mit z.B. Schleppschläuchen darauf geachtet werden, den Gärrest sofort nach Ausbringung einzuarbeiten, oder gänzlich auf effektivere Techniken wie z. B. Injektionsgeräte umzustellen (Lichti, et al., 2012).

6.3 Satellitenversuch Vegetationszeitausnutzung

Ebel, G.; Barthelmes, G. (LELF)

Am Standort Güterfelde wurden neben den Fruchtfolgen des EVA-Projektes¹⁴ zwei 2-faktorielle Versuche zum Einfluss variierender Saattermine auf den TM- und Methanertrag von Silomais zur Biogaserzeugung sowie auf die Leistung der Nachfrucht Winterroggen im Zeitraum 2009 bis 2012 durchgeführt. Dabei entsprachen die drei Saattermine den möglichen Fruchtfolgestellungen von Mais. Es wurde sowohl der Einfluss der Saatzeit (Faktor A) und der Maissorte (Faktor B) auf die Nachfrucht bei einheitlicher Maisernte und optimalem Getreideaussaattermin (Versuch 1) als auch bei reifegerechter / sortenabhängiger Maisernte und zeitversetztem Getreideaussaattermin (Versuch 2) geprüft. Im Folgenden werden die dreijährigen Ergebnisse zusammengefasst.

Reifegerechte Ernte anstreben: Durch noch stattfindenden Ertragszuwachs lagen die Maiserträge bei einer reifegerechten Ernte höher (im Mittel relativ 105) als bei einem einheitlichen Erntetermin der Sorten. Gleichzeitig konnte das TM-Gehaltsoptimum bei den einzelnen Sorten besser eingehalten werden (Verbesserung der Transportwürdigkeit und Siliereigenschaften).

Maissorte – Maisertrag: Im Mittel aller Saatzeiten erbrachte die Maissorte der mittelspäten Reifegruppe (Atletico S280) Mehrerträge von 20 % gegenüber der Sorte der frühen Reifegruppe (Salgado – S200) – vgl. Tabelle 15.

¹⁴ Für eine detaillierte Ergebnisdarstellung der Versuche am Standort Güterfelde vgl. Anhang 4.

Tabelle 15: Versuch Vegetationszeitausnutzung (VZA) – Mais, TM-Ertrag und TM-Gehalt bei reifegerechter Ernte der Maissorten, Vergleich von drei Saatzeiten (Mittel 3 Sorten), Güterfelde 2009-11 (VZA 2)

Aus- saat Mais am	Mittel der 3 Sorten je Saatzeit	TM-Gehalt %				Ertrag dt TM/ha				
		2009	2010	2011	Mittel Jahr	2009	2010	2011	Mittel Jahr	rel. SZ* Sorte
20.04.	Ø Vegetationstage	131	146	135		131	146	135		
	Mittel 1. Saatzeit	32	30	34	32	178	122	170	157	99
20.05.	Ø Vegetationstage	127	130	135		127	130	135		
	Mittel 2. Saatzeit	32	33	31	32	184	133	192	170	108
20.06.	Ø Vegetationstage	127	120	123		127	120	123		
	Mittel 3. Saatzeit	29	27	24	27	162	143	137	147	93
Versuchsmittel		31	30	30	30	175	133	166	158	100
Mittel Sorte über alle Saatzeiten										
	Salgado S200								143	90
	Ronaldinio S240								157	99
	Atletico S280								174	110
rel. Jahr %						111	84	105	100	

Saattermin – TM-Ertrag und -Gehalt: Maiserträge von Aussaaten bis Ende Mai müssen der Saatzeit in der 3. Aprildekade nicht zwangsläufig unterlegen sein (abhängig vom Verlauf der Jahreswitterung zur Aussaat/Jugendentwicklung, Befruchtung und Abreife). Dieses gilt vornehmlich für den Vergleich des Hauptfruchtanbaus mit unterschiedlichen Saatzeiten ohne eine wasserzehrende Winterzwischenfrucht vor dem Mais. Bei Mais in Zweitfruchtstellung nach Grünschnittroggen (Sortenwahl je nach Fruchtfolge s.u.) ist mit Ertragseinbußen gegenüber dem Hauptfruchtanbau zu rechnen (Ebel, 2012). Bei späten Saatterminen ab Mitte Juni besteht ein hohes Risiko des Nichterreichens des TM-Gehaltsminimums von 28 % bei allen Reifegruppen, gekoppelt mit Ertragseinbußen von bis zu 45 dt TM/ha.

Saatzeitverspätung Mais – Einfluss Kornertrag (Nachfrucht): Nach reifegerechter Ernte des Mais (späte Aussaat und/oder Sorten) führte eine Saatzeitverspätung der Nachfrucht Winterroggen von 14 Tagen zu einem Minderertrag von 20 % bzw. von ca. 40 % bei einer Saatzeitverspätung von > 4 Wochen (Ende Oktober) – vgl. Tabelle 16. Bei einem Marktpreis von 20 €/dt würde das in diesen Fällen Umsatzeinbußen von 260 €/ha bzw. 500 €/ha bedeuten. Mit Verspätung der Saatzeit ist zu erwarten, dass der durchschnittliche Kornertrag der Region (hier Brandenburger Landbaugebiet III = 55 dt/ha für Hybridroggen) nicht erreicht wird.

Sorte Mais – Einfluss Winterroggen-Kornertrag: Die Sortenwahl der Vorfrucht Mais hatte offenbar keinen Einfluss auf den Ertrag der Nachfrucht Winterroggen (bei einheitlicher Aussaat).

Tabelle 16: Vegetationszeitausnutzung (VZA), Winterroggen Korn- und Strohertrag nach einer reifegerechten Ernte der Maissorten (Vorfrucht) und zeitversetzten Aussaat (Datum der Saatzeiten) der Nachfrucht Winterroggen, Güterfelde Ernten 2010-2012

Saat-zeit	Kornertrag dt/ha bei 86 % TM					Strohertrag dt/ha bei 86 % TM (erntbare Strohmenge)				
	2010	2011	2012	Mittel	rel. SZ	2010	2011	2012	Mittel	rel. SZ
1	23.9.09	23.9.10	20.9.11			23.9.09	23.9.10	20.9.11		
	78	61	79	72	122	66	42	47	52	121
2	6.10.09	6.10.10	6.10.11			6.10.09	6.10.10	6.10.11		
	63	49	65	59	99	54	31	41	42	98
3	29.10.09	22.10.10	2.11.11			29.10.09	22.10.10	2.11.11		
	58	38	46	47	79	47	27	30	35	81
Mittel	66	49	63	60	100	56	33	39	43	100
rel. Jahr %	112	83	106	100		131	78	92	100	

Reifegerechte Ernte – Fruchtfolge: Bei der Fruchtfolgestellung und Sortenwahl des Maises ist eine reifegerechte Ernte (TM-Gehalte 28 bis 35 %) anzustreben. Dabei ist nicht nur die Leistungsfähigkeit des Mais entscheidend, sondern die Einbindung in die Fruchtfolge. Die im Landbauggebiet III¹⁵ typische Fruchtart Winterroggen sollte aufgrund der hohen Ertragsfähigkeit zu Beginn der dritten Septemberdekade ausgesät werden. Auch in einem Jahr mit ungünstigem Witterungsgeschehen (2010) konnte dieser Saattermin nach Mais als Hauptfrucht (Aussaat 20.04.) eingehalten werden (aber TM-Gehalt 30 % gegenüber 34 % – 2011). Bei Anbau von späten Sorten (Atletico, S280) verringert sich allerdings das Erntezeitfenster bzw. die Zeit zur Vorbereitung der Ackerflächen für die Aussaat der Nachfrucht. Die Maissortenwahl kann somit auch innerbetrieblich von der Aussaattechnologie (z. B. Direktsaat der Nachfrucht Winterroggen) abhängen.

Empfehlung Anbausystem: Als derzeitige pflanzenbauliche Empfehlung für den Anbau von Mais und Winterroggen gilt die Option Mais in Hauptfruchtstellung nach abfrierendem Senf als Gründüngung und die Winterroggenaussaat im Zeitraum vom 20. bis 25. September. Dabei sind mittelfrühe bis mittelspäte Maissorten zu bevorzugen. Ist innerbetrieblich eine kurzfristige Bestellung nach der Maisernte möglich, sind bedingt (begrenzte Flächengröße) auch späte Maissorten bis Reifezahl S280 auf den nordostdeutschen Sandstandorten zu empfehlen. Um den Mais bei optimalen Trockenmassegehalten zu gestaffelten Terminen zu ernten, sind je nach Anbauumfang Sorten unterschiedlicher Reifegruppen einzusetzen, so dass auch ein angepasster Anteil früher Sorten eingeplant werden sollte.

Wird Mais als Zweitfrucht nach z. B. Grünschnittroggen angebaut, kann im günstigsten Fall mit einer reifegerechten Ernte einer Maissorte der frühen Reifegruppe der optimale Aussaattermin der Nachfrucht Winterroggen eingehalten werden. Sorten der späten Reifegruppe

¹⁵ Ackerbaustandorte in Brandenburg mit 28-35 Bodenpunkten.

(S280) konnten bei reifegerechter Ernte auch in Zweitfruchtstellung gegenüber der Sorte der frühen Reifegruppe (S200) zwar Mehrerträge von ca. 20 % unter den Bedingungen der Jahre 2009-2011 erreichen. Allerdings erbringt die dann folgende Saatzeitverschiebung der Nachfrucht Ertragseinbußen beim Winterroggen (s.o.) bzw. muss der Mais der späten Reifegruppe mit unzureichenden TM-Gehalten geerntet werden, um das Saatzeitoptimum der Nachfrucht einzuhalten. Bedingt ist die Fruchtfolgegestaltung Grünschnittroggen/Mais/Winterroggen (Ertragseinbußen Zweitfruchtmais gegenüber Hauptfruchtmais ca. 12 bis 22 %) zu empfehlen.

Nach Ganzpflanzengetreide Mais oder auch eine schnell abreifende Sudangrashybride (*Sorghum b. x s.*) als „Sommerzwischenfrucht“ anzubauen verursacht die stärksten Ertragseinbußen, die hohe Wahrscheinlichkeit unzureichender TM-Gehalte (erhöhte Transportkosten, eingeschränkte Silierfähigkeit) sowie erhebliche Saatzeitverspätungen mit Mindererträgen der Nachfolgefrucht. Es ist daher in den meisten Fällen anzuraten, nach Ganzpflanzengetreide eine Zwischenfrucht zur Gründüngung (z. B. *Phacelia*) anzubauen, so dass der optimale Wintergetreideaussaattermin eingehalten werden kann.

Zusammenfassend:

- Vor allem beim Anbau von spätreifen Sommerungen besteht das Risiko hoher Ertragseinbußen bei der Etablierung nachfolgender Winterungen.
- Auf Basis der Versuchsergebnisse ist eine nicht nur an den Standort, sondern auch an die Fruchtfolge angepasste Sortenwahl zu betonen. Diese sollte auf die Ausschöpfung der Ertragspotenziale abzielen, ohne damit gleichzeitig zu hohe Risiken bei der Abreife/Substratqualitäten einzugehen.
- Die Ergebnisse zeigen die hohe Bedeutung, die der optimalen Terminierung von Maßnahmen bei der Fruchtfolgegestaltung zukommt – ökonomisch sind bei den Varianten mit deutlich verspäteten Aussaatterminen von etwa 300 €/ha geringeren Deckungsbeiträgen im Winterroggen auszugehen (Auerbacher, et al., 2013).

6.4 Misanbau von Mais und Sorghum

Dr. A. Gurgel (LFA), Dr. K. Deiglmayr (ehem. TFZ), Dr. M. Fritz (TFZ)

Die Versuche zum Mischfruchtanbau wurden an zwei Standorten, in Gülzow (LFA MV) und Aholting (TFZ BY) durchgeführt¹⁶. Es erfolgte eine Gliederung in zwei Versuchsteile mit folgenden Fragestellungen:

- Kann durch einen Misanbau von Mais und Sorghum die Ertragssicherheit unter sommertrockenen Bedingungen gegenüber einer Reinsaat von Mais erhöht werden?
- Lässt sich die Silierfähigkeit und Beerntbarkeit der Bestände durch einen Misanbau von Mais und Sorghum im Vergleich zu Reinbeständen von Sorghum verbessern?

Da Sorghum in der Praxis meist als Zweitfrucht angebaut wird, wurden unterschiedliche Erstfrüchte (Grünschnittroggen, Hybridroggen und Wickroggen) den Reinsaat bzw. Mischungen von Mais und Sorghum vorangestellt (vgl. Tabelle 17). Diese wurden zu zwei unterschiedlichen Zeitpunkten geerntet. Im ersten Versuchsteil stand Grünschnittroggen, der Anfang Mai geerntet wird, so dass die Maisaussaat zum weitgehend optimalen Zeitpunkt erfolgen konnte. Im zweiten Versuchsteil richtete sich der Fruchtwechsel nach einer stärkeren Betonung des Ertrages der Erstfrucht sowie nach der optimalen Aussaat von Sorghum. Aus diesem Grund standen hier als Erstfrüchte Hybridroggen und Wickroggen, die jeweils zur Milchreife im Juni geerntet wurden.

Tabelle 17: Übersicht über die geprüften Varianten

Erstfrucht	Fruchtwechsel	Zweitfrucht
Grünschnittroggen	Ährenschieben des Roggens (Ende April/Anfang Mai)	Mais
		Mais/S. bicolor x sudanense
		Mais/S. bicolor x bicolor
Hybridroggen	Milchreife des Roggens (Mitte Juni)	S. bicolor x sudanense
		S. bicolor x bicolor
		Mais/S. bicolor x sudanense
		Mais/S. bicolor x bicolor
Wickroggen	Milchreife des Roggens (Mitte Juni)	S. bicolor x sudanense
		Mais/S. bicolor x sudanense

Als Zweitfrüchte kamen zum Fruchtwechsel Anfang Mai die Reinsaat von Mais und die Mischungen von Mais und Sorghum zum Anbau. Aufgrund der großen Sortenvielfalt bei den Sorghumhirsen wurden hier die zwei unterschiedlichen Typen *Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense* und *Sorghum bicolor* auf ihre Eignung als Mischungspartner geprüft. Sorghum bicolor x sudanense weist im Vergleich zu Sorghum bicolor eine stärkere Bestockung bei geringerer Stängeldicke auf. Dabei ist die Wuchshöhe meist geringer und die Standfestigkeit besser. In der Tendenz reift Sorghum (b. x s.) etwas früher ab und erzielt dadurch höhere

¹⁶ Für eine detaillierte Darstellung der Versuche sei auf Anhang 12 verwiesen.

Trockensubstanzgehalte. Zum Fruchtwechsel im Juni wurden die beiden Sorghumtypen in Reinsaat und ihre jeweiligen Mischungen mit Mais angebaut.

Erträge in Gülzow

Erstfrüchte: Die Trockenmasseerträge des Grünschnittroggens wie auch die des Hybridroggens und Wickroggens wurden deutlich von der Wasserversorgung im Frühjahr beeinflusst. Der Vorteil des Grünschnittroggens liegt aber darin, dass er als Winterung die Winterfeuchtigkeit sehr gut ausnutzt und die Fläche relativ früh für die Zweitfrucht räumt. Es wurden im Durchschnitt 54,4 dt TM/ha geerntet. Dabei konnten mit 19,3 % allerdings keine Trockenmassegehalte realisiert werden, die eine gute Silierfähigkeit gewährleisten. Es muss hier grundsätzlich auf ein Anwelken orientiert werden, was sich als absätziges Verfahren allerdings in den Verfahrenskosten niederschlägt. An dieser Stelle soll auch auf den Bericht des EVA-Partners Universität Gießen verwiesen werden (Auerbacher, et al., 2013).

Wesentlich höher waren die Erträge (vgl. Abbildung 42) wie auch die Trockenmassegehalte beim Hybridroggen. Mit 126,3 beim Hybridroggen und 110,9 dt TM/ha beim Wickroggen wurde zur Ganzpflanzenernte ein sehr gutes Ergebnis erreicht, was allerdings durch eine spätere Aussaat der Zweitfrucht zu einem großen Teil wieder kompensiert wurde.

Mit dem Wickroggen wurde bei einer um knapp 40 % reduzierten N-Düngung ein Ertrag von durchschnittlich 87 % des Hybridroggens erzielt. Das zeigt, welches Leistungspotenzial in dem Mischanbau von Roggen und Wicken steckt. Die N-Effizienz liegt deutlich höher. Die Trockenmassegehalte lagen bei gleichem Erntezeitpunkt grundsätzlich unter denen des Hybridroggens. Auf diese Weise kann man das Erntezeitfenster des Gemisches durchaus innerhalb gewisser Grenzen etwas nach hinten erweitern.

Zweitfrüchte: Die Erträge der Zweitfrüchte sind sehr stark vom Aussaatzeitpunkt abhängig. So wird nach dem Grünschnittroggen ein wesentlich höherer Ertrag erreicht, was in der um etwa sechs Wochen längeren Vegetationszeit begründet liegt. Die Gemische aus Mais und Sorghumhirse sind dem Mais ertraglich unterlegen und ordnen sich zwischen den Reinsaaten ein (vgl. Abbildung 42).

Die zum zweiten Fruchtwechseltermin ausgesäten Reinsaaten und Gemische konnten vielfach nur unzureichende Trockenmassegehalte realisieren, was wiederum Ausdruck der relativ kurzen Vegetationszeit ist. So konnte beispielsweise *S. bicolor* x *bicolor* im Jahr 2010 nur das BBCH-Stadium 35 erreichen. Die realisierte Anzahl von 102 Vegetationstagen gegenüber 117 Tagen im Jahr 2009 ist als eine Hauptursache für die geringeren Erträge und Trockenmassegehalte gegenüber 2009 anzusehen. Diese Situation war 2010 zwar deutlich ungünstiger als 2009, ist jedoch für den Nordosten Deutschlands nicht ungewöhnlich. Darum darf gerade für die Wärme liebenden Kulturarten wie Sorghum der Aussaatzeitpunkt nicht zu spät gewählt werden. Erfahrungen aus den Vorjahren und anderen Versuchen wurden damit bestätigt.

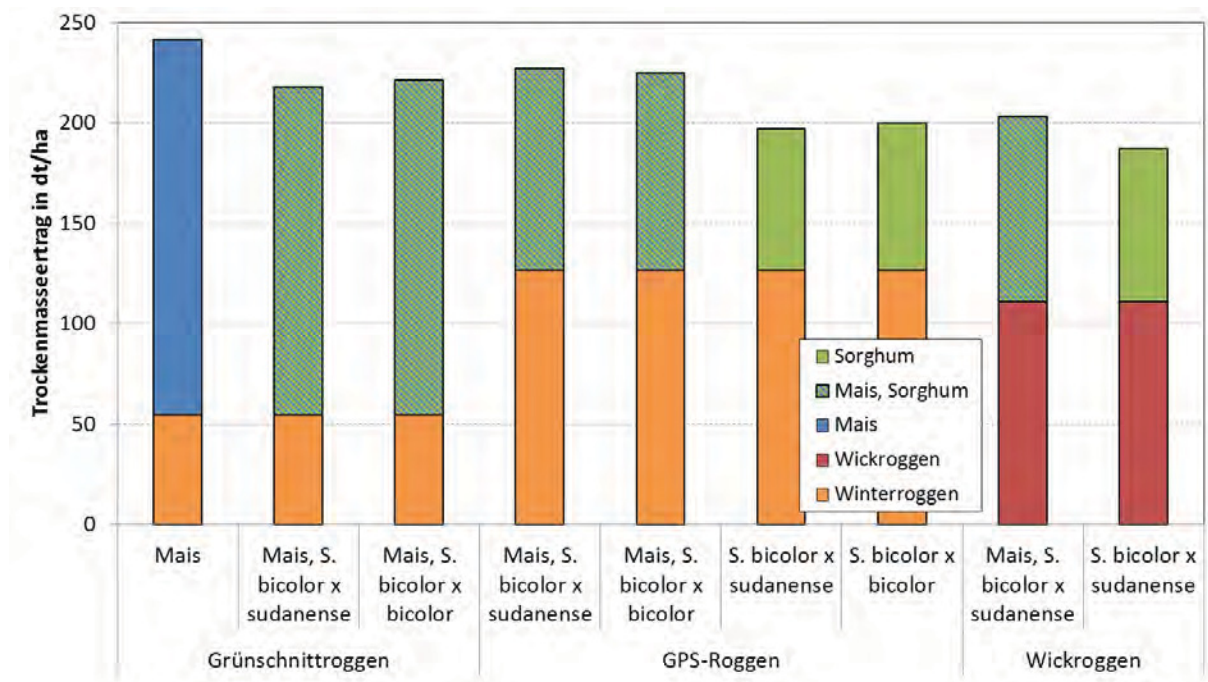


Abbildung 42: Trockenmasseerträge am Standort Gülzow in den Erntejahren 2009-2011

Erträge in Aholting

Erstfrüchte: Hinsichtlich der Erträge und Trockenmassegehalte lässt sich auch für den Standort Aholting bestätigen, dass die Erntetermine die Zielgrößen entscheidend beeinflussen.

So konnte 2010 und 2011 der Grünschnittroggen erst zum Ende des Ährenschiebens geerntet werden, was relativ hohe Erträge verbunden mit hohen Trockenmassegehalten erbrachte (Abbildung 43). Der Zeitunterschied zum zweiten Fruchtwechselzeitpunkt verkürzte sich somit, was auch den Ertragsunterschied zum Hybridroggen relativierte.

Gegenüber dem Hybridroggen zur Ganzpflanzenernte konnte ähnlich wie in Gülzow der Wickroggen etwa 91 % des Trockenmasseertrages erreichen. Die reduzierte N-Düngung hat sich zwar auch hier leicht negativ auf den Ertrag ausgewirkt, die N-Einsparung war aber demgegenüber erheblich.

Zweitfrüchte: Der Mais nach Grünroggen zeigte trotz der offensichtlichen Ertragsdepression durch die Trockenheit im Frühsommer die höchste Biomasse-Leistung (Abbildung 43). Der Misanbau von Mais und *S. bicolor* x *S. sudanense* blieb ertraglich hinter der Reinsaat Mais zurück. Die Mischung Mais und *S. bicolor* x *bicolor* schnitt tendenziell etwas besser ab, erreichte jedoch auch nicht das Ertragsergebnis von Mais in Reinsaat. Hinsichtlich der Siliereignung wiesen alle drei Varianten ausreichend hohe Trockenmassegehalte von über 28 % auf, wobei der Mais die höchsten Werte erzielte.

Die Erträge der geprüften Zweitfruchtvarianten nach Hybridroggen und Wickroggen lagen zwischen 105 und 152 dt TM/ha. Dabei wiesen die Mischungen ertraglich im Allgemeinen keinen oder nur einen geringen Vorteil gegenüber den Reinsaat von Sorghum auf. Die Reinsaat von *S. bicolor* x *S. sudanense* und die entsprechenden Mischvarianten mit Mais erreichten Trockenmassegehalte von über 30 %. Dagegen reiften die Bestände der Reinsaat von *S. bicolor* x *bicolor* schlechter ab und erreichten etwa 25 %.

Die Erträge der Zweitfrüchte nach Wickroggen waren mit denen nach dem Hybridroggen vergleichbar, es wurden mit 30,4 bzw. 33,1% auch Trockenmassegehalte erreicht, die eine gute Konservierbarkeit auch der Gemische gewährleisteten.

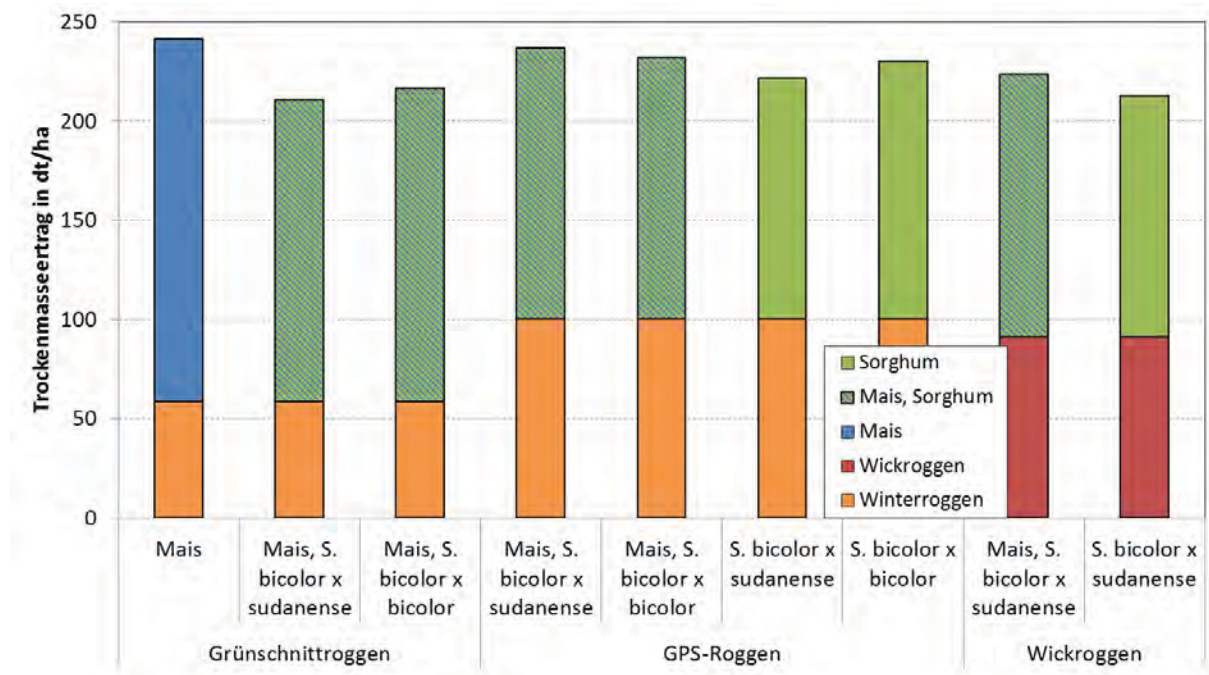


Abbildung 43: Trockenmasseerträge am Standort Aholting in den Erntejahren 2009-2011

Zusammenfassend:

Der Misanbau von Mais und Sorghum ist eine Möglichkeit zur Diversifizierung des Energiepflanzenanbaus. Die Trockenmasseerträge der Mischungen erreichen jedoch nicht die von Silomais, was jedoch bei vielen anderen alternativen Möglichkeiten ebenfalls der Fall ist. Die Trockenmasseerträge ordnen sich je nach Ertragsanteil zwischen denen von Mais und Sorghumhirschen ein. Dies steht grundsätzlich in Übereinstimmung mit den Ergebnissen von EVA I, nach denen mit Mischungen zwar höhere Ergebnisse als die des jeweils schwächeren, aber nur in Ausnahmefällen die des stärkeren Partners erreichten. Eine ähnliche Aussage ist für die Entwicklung der Trockensubstanzgehalte zu treffen – auch diese liegen zwischen den einzelnen Mischungspartnern. Die ausgleichende Wirkung sollte jedoch nicht über die Abreife der einzelnen Mischungspartner hinwegtäuschen. Das bedeutet auch, dass zwar im Hinblick auf die Trockensubstanzgehalte gewisse Vorteile bei den Mischungen in der Entzerrung von sehr kurzen Erntezeitfenstern erreicht werden können, die in solchen Fällen möglicherweise zu hohen Trockensubstanzgehalten des Maises und die zu geringen der Sorghumhirschen bleiben aber bestehen. Wegen der höheren Temperaturansprüche der Sorghumhirschen bleibt auch der Misanbau von Mais und Sorghum prädestiniert für Zweitfruchtssysteme. Die Biogasausbeuten der Mischungen ordnen sich wie die Erträge und Trockensubstanzgehalte ebenfalls in Abhängigkeit vom Ertragsanteil der jeweiligen Partner zwischen denen der Reinsaat ein (Heiermann, 2013).

Ein wichtiges Ziel, nämlich die Erhöhung der Ertragsstabilität, konnte in den dreijährigen Untersuchungen an beiden Standorten nicht erreicht werden.

Zusammenfassend scheinen die Möglichkeiten des Misanbaus von Sorghumhirsen und Mais sowohl aus ökologischer als auch aus pflanzenbaulicher Sicht überschätzt worden zu sein. Demgegenüber bietet der Misanbau von Wintergetreide mit Leguminosen durchaus Vorteile besonders in der ökologischen Wirkung.

6.5 Ackerfutter- und Grünlandmischungen

C. Rieckmann, T. Glauert (LWK Niedersachsen)¹⁷

In dem auf drei Hauptnutzungsjahre ausgelegten Versuchsprogramm sollte die Eignung von Ackerfutter- und Grünlandmischungen mit Gräsern und Leguminosen-Gras-Gemengen für die energetische Nutzung (Biogaserzeugung) unter den unterschiedlichen regionalen Standortbedingungen in Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg, Thüringen, Niedersachsen und Bayern ermittelt werden. Mit dem zunehmenden Druck auf zur Verfügung stehende Ackerflächen ist insbesondere die Prüfung von Saadmischungen für Dauergrünlandflächen ein wichtiger Schwerpunkt dieses Teilprojektes.

Die zu prüfenden Mischungen wurden analog zu der in EVA I angewandten Vorgehensweise in zwei unterschiedlichen Nutzungsregimen (vgl. Tabelle 18) untersucht. Die Nutzung erfolgte zum einen intensiv, indem vier bis maximal fünf Schnitte eingeplant waren und zum anderen extensiv mit zwei bis drei Schnitten pro Jahr.

Insgesamt erfolgte der Anbau von fünf Mischungen pro Bundesland. Bei der Auswahl der Standorte wurde versucht, ebenfalls ein breites Spektrum an Standortbedingungen abzubilden. Diese reichten von einem fruchtbaren Seemarschstandort (Sophienhof) über anmoorige und grundwasserbeeinflusste Lagen in Ostdeutschland (z. B. Paulinenaue/ BB, Zarnikow/MV) bis hin zu Vor- bzw. Gebirgslagen (Oberweißbach/ TH, Almesbach/ BY, Spitalhof, BY).

Bei den Ackerfuttermischungen wurden die Mischung A 3¹⁸ und die Mischung A 3 plus Rotklee auf allen Standorten angelegt, die somit als Bezugsbasis für den Vergleich zwischen den Standorten fungieren. Im Dauergrünlandbereich übernehmen die Standardvarianten G II-Mischung ohne bzw. mit Weißkleeanteil diese Funktion. Darüber hinaus wurde im Grünlandbereich die bestehende Altnarbe als Variante integriert. Die übrigen drei bzw. zwei Ansaadmischungen sind von den einzelnen Bundesländern eigenverantwortlich bestimmt worden. Ziel war es, für die jeweiligen Anbauregionen spezifische Mischungsempfehlungen zu erarbeiten.

Diese regionsspezifischen Mischungen unterschieden sich zwischen den einzelnen Bundesländern deutlich. Eine Auflistung der Ackerfutter- und Grünlandmischungen für die einzelnen Standorte befindet sich im Anhang. Bei den Ackerfuttermischungen wurden neben den Referenzmischungen A3 und A3 plus Rotklee in den östlichen und süddeutschen Regionen vermehrt leguminosenhaltige Mischungen geprüft, während in Niedersachsen reine weidelgrasbetonte Mischungen überwogen. In den Grünlandversuchen werden neben den Referenzmischungen G II und die G II mit Klee vorwiegend Mischungen mit einer breiten Palette ausdauernder Gräserarten in Verbindung mit unterschiedlichen Kleearten geprüft.

Eine Übersicht zu den verwendeten Mischungen, der Charakteristika der Standorte und deren Lage sowie eine umfassende Darstellung der Ergebnisse befinden sich in Anhang 12.

¹⁷ Für die vollständige Liste der Bearbeiter vgl. Anhang 13

¹⁸ Welsches Weidelgras, Deutsches Weidelgras und Bastardweidelgras

Tabelle 18: Faktor Schnittregime

Abstufung	Schnittzeitpunkt	Beschreibung	Schnitte je Jahr
1)	1. Aufwuchs	Beginn Ährenschieben (ES 51)	4 bis 5
	Folgeaufwüchse	Ende Schossphase (ES 39)	
2)	1. Aufwuchs	Ende Ähren-/Rispen-schieben (ES 59) bei Gräsern bzw. Ende Knospenschieben (ES 59)	2 bis 3
	Folgeaufwüchse	Ende der Schossphase / Beginn des Ähren-/Rispen-schieben (ES 39-51)	

Im Mittelpunkt der Untersuchungen stand die Prüfung der Leistungsfähigkeit der Mischungen und Nutzungsregime für die Biogasproduktion. Neben der Aufwuchsleistung wurde daher auch ermittelt, wie sich die unterschiedlichen Schnittzeitpunkte auf Substratqualität, im speziellen die Biogasausbeute auswirkt.

Ergebnisse

Die Ergebnisse der Ackerfutter- und Grünlandmischungen zeigten ein sehr differenziertes Bild und spiegeln die unterschiedlichen Standort- und Witterungsbedingungen wider. Auffällig ist, dass sich Mischungen am gleichen Standort zwischen den Jahren deutlich in der Bestandesentwicklung und demzufolge auch im Ertragsverhalten unterscheiden. Insbesondere auf den durch den lang anhaltenden Winter im Jahr 2010 und anschließend durch Trockenheit geschädigten Standorten erwiesen sich robuste Mischungen mit winterharten Arten als vorteilhaft. Diese Ergebnisse können sich jedoch bei entsprechend günstigen Bedingungen wieder relativieren.

Nach den drei Hauptnutzungsjahren zeigte sich, dass in den einzelnen Bundesländern vorwiegend die regional empfohlenen Mischungen die besten Ergebnisse liefern (vgl. Abbildung 44). Bei den Ackerfuttermischungen erreichten die Luzerne- bzw. Luzerne-Rotklee-grasmischungen auf den trockeneren Standorten in Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg und Thüringen, aber auch in Bayern sehr gute Leistungen. Dabei konnten die herausragenden Ergebnisse des Luzernegrases am Standort Dornburg in den Jahren 2009 und 2010 ebenfalls als optimale Ackerfuttermischungen bestätigt werden. Rotklee-grasmischungen lieferten in diesen Bundesländern auf den für Luzerne ungünstigen Standorten gute Erträge (Abbildung 45). Reine Gräsermischungen boten auf den frischeren Standorten in Niedersachsen Vorteile, wobei insbesondere die kurzlebigeren Weidelgräser zum Teil größere Auswinterungsschäden zeigten. Die im Fruchtfolgeversuch mit Klee-gras erzielten Ergebnisse hätten durch die Wahl standortangepassterer Mischungen optimiert werden können. Neben den erwartungsgemäß sehr guten Ergebnissen auf dem Marschstandort Sophienhof fällt das Ertragsniveau angepasster Mischungen auf den Brandenburger Standorten auf. Dies lässt sich durch die Grundwassernähe der Standorte erklären, durch die der limitierende Faktor „Wasserverfügbarkeit“ bei entsprechender Wassernutzung von tief wurzelnden Mischungen entfällt.

Bei den Grünlandmischungen erreichten in Thüringen und Bayern die Weißklee-grasmischungen vorwiegend gute Ergebnisse, während wiederum in Niedersachsen die Weidel-gras betonten Mischungen mit weiteren ausdauernden Gräserarten die besten Erträge lieferten. In Mecklenburg-Vorpommern und Brandenburg erzielten aber auch spezielle

Knaulgras- bzw. Rohrschwingelmischungen gute Ergebnisse (Abbildung 46). Hinsichtlich der **Nutzungsregime** bietet sich nach den drei Prüffahren ein recht uneinheitliches Bild. In Abhängigkeit von den Witterungseinflüssen auf den einzelnen Standorten waren die Auswirkungen der veränderten Schnitttermine auf das Ertragsverhalten insgesamt sehr unterschiedlich. Vor allem auf den grundwasserbeeinflussten Standorten und den Höhenlagen zeigte sich das Produktionspotenzial angepasster Mischungen.

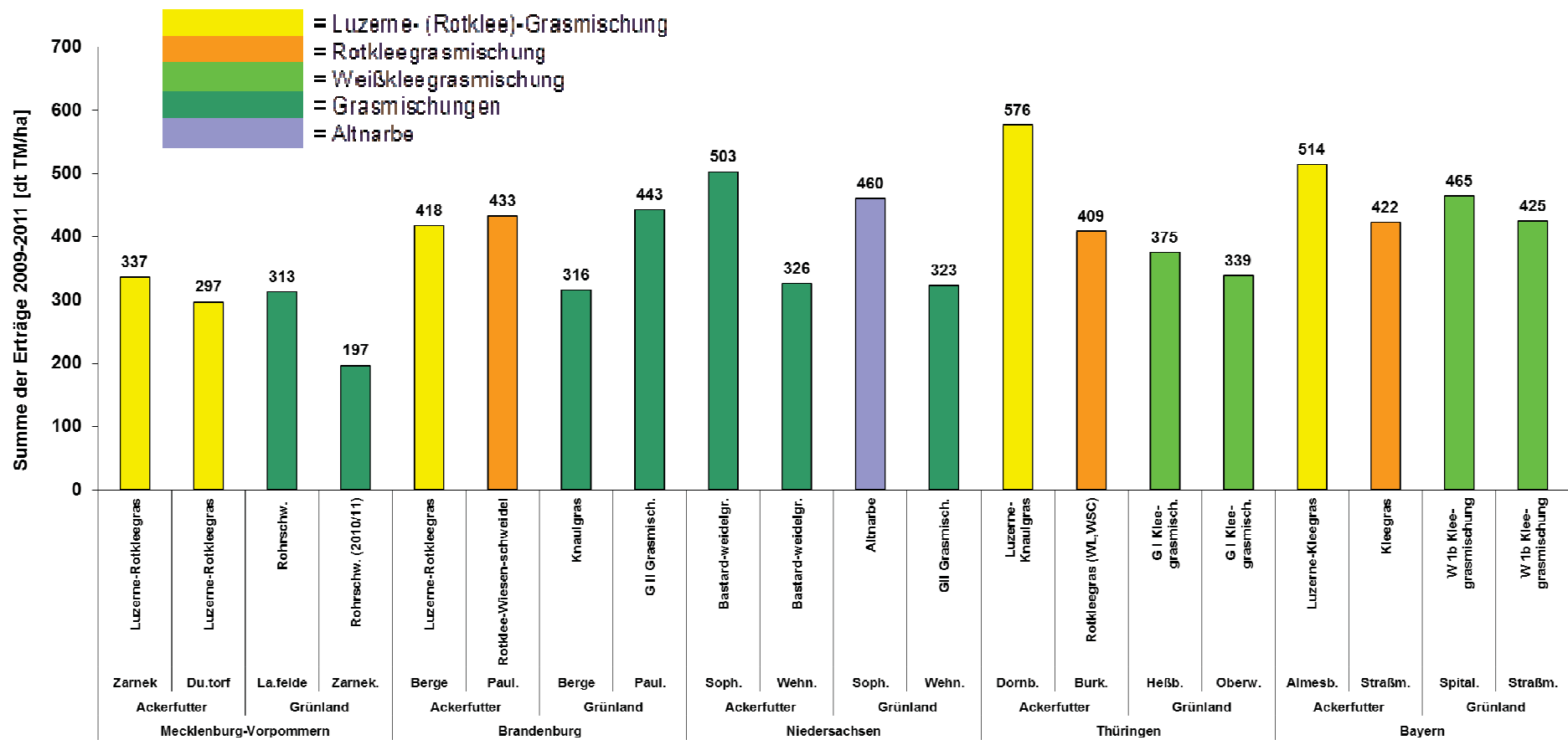


Abbildung 44: Vergleich der kumulierten Erträge der jeweils ertragreichsten Mischungen auf den einzelnen Standorten. Berücksichtigt sind die Jahre 2009 bis 2011 und sowohl Grünland- als auch Ackerfuttersmischungen

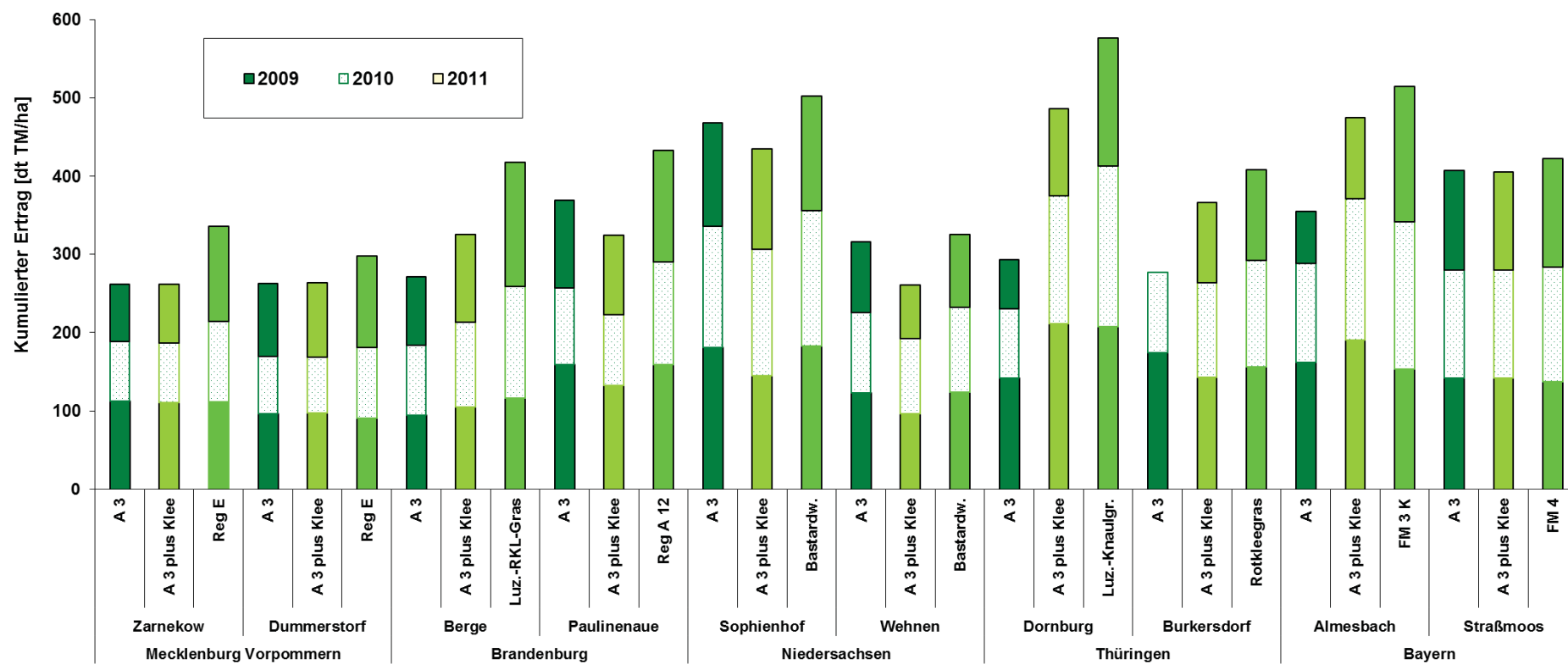


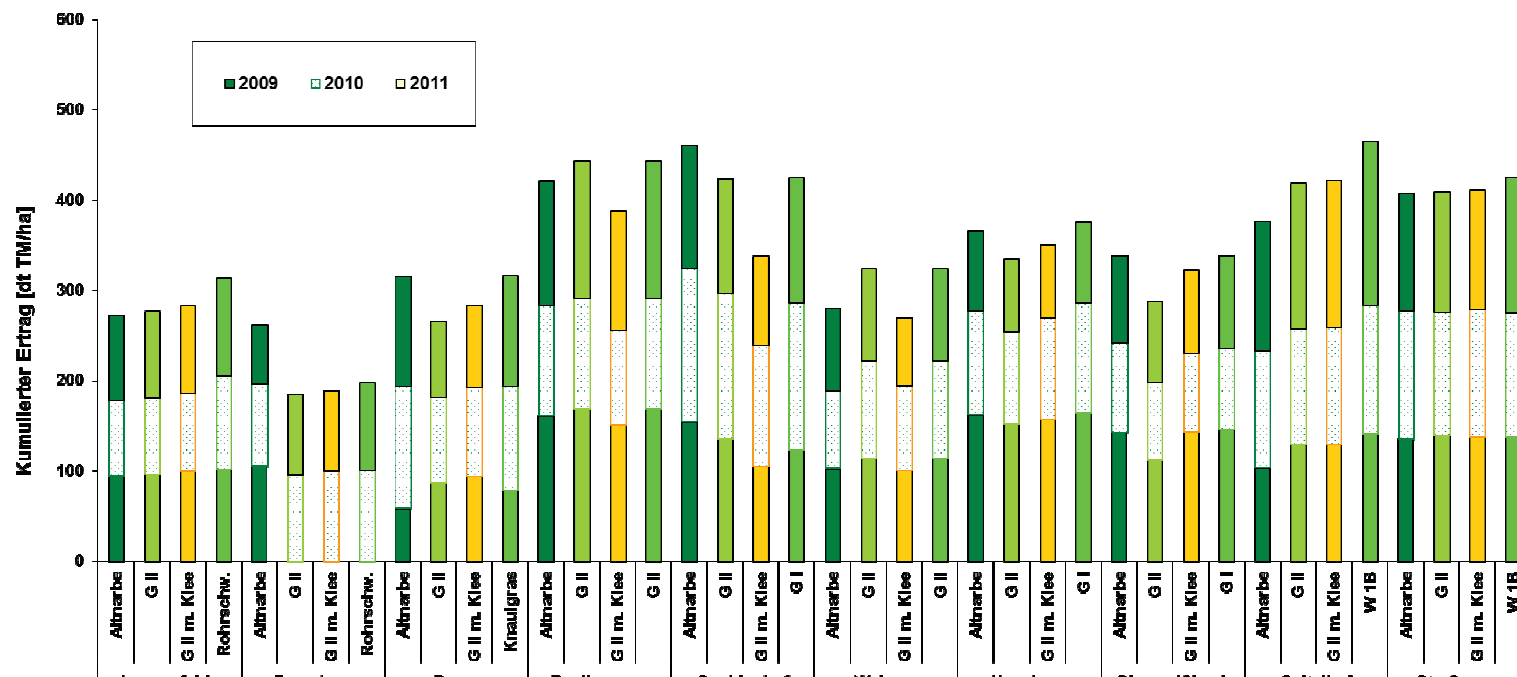
Abbildung 45: Ackerfuttermischungen: Summe der TM-Erträge der A 3, A 3 plus Rotklee sowie der jeweils besten Mischung

Reg E: Luzerne, Wiesen-, Rohrschwingel, Rotklee, Dt. Weidelgras, Wiesenlieschgras

Reg A12: Luzerne, Rotklee, Wiesenschweidel

FM 3K: Rotklee, Luzerne, Weißklee, Wiesenschwingel, Wiesenlieschgras, Glatthafer

FM 4: Rotklee, Weißklee, Deutsches Weidelgras



Während in den Versuchen im EVA I Satellitenprojekt eine recht eindeutige Präferenz für die reduzierte Schnittnutzung erkennbar war, wurden diese Erkenntnisse durch die im Prüfzeitraum 2009-2011 erzielten Ergebnisse nur eingeschränkt bestätigt. Dennoch ist im projektübergreifenden Zeitraum am Beispiel der Standorte Wehnen (NI) (vgl. Abbildung 47) und Berge (BB) (vgl. Abbildung 48) im Mittel der gesamten Prüfjahre ein klarer Ertragsvorteil des reduzierten Schnittregimes feststellbar.

erzielten. Bei alleiniger Wertung von N-Mengen im Aufwuchs konnten dabei beeindruckende Werte von bis zu 580 kg N/ha und Jahr erzielt werden (Standort Dornburg, Luzerne-Gras).

Es wurde klar erkennbar, dass unter den eher ariden Klimabedingungen an den östlichen und südlichen Standorten die Leguminosenmischungen trotz geringer spezifischer Methan- ausbeuten ertragliche und ökonomische Vorteile aufweisen, während unter den mehr humiden Bedingungen Niedersachsens die Weidelgras betonten Mischungen trotz höherer Düngungskosten ökonomisch sinnvoller einzusetzen sind. Aufgrund der derzeit rechnerisch ermittelten relativ geringen Unterschiede in der Gasausbeute bei früher bzw. später Schnittnutzung, muss derzeit die spätere und in der Regel auch reduzierte Schnittnutzung aus ökonomischer Sicht eindeutig empfohlen werden.

Zusammenfassend:

Mit der Einbindung von standortangepassten, kurzlebigen Ackerfuttermischungen in Energiefruchtfolgen gelingt es, die Vegetationszeit optimal zu nutzen und ökologische Aspekte, z. B. die Humusreproduktion, zu fördern. Trotz höherer Kosten können diese bei Ausschöpfung von Effizienzpotenzialen (Reduzierung der Schnittnutzung) an einigen Standorten auch ökonomisch interessant werden. Dazu zählt auch der Sommer- und Winterzwischenfruchtanbau von Ackergräsern. Der Anbau ausdauernderer Ackerfuttermischungen kann auf Standorten interessant sein, wo Sommerungen wie Mais oder Hirse ertraglich keine Vorteile bieten bzw. Abreife- und Ernteprobleme im Herbst bestehen. Bei steigenden Markterlösen auf ackerfähigen Standorten werden in bestimmten Regionen Grasaufwüchse von Dauergrünlandstandorten zur Biomassenutzung stärkere Bedeutung gewinnen. Um diese Möglichkeiten für die Landwirtschaft näher zu beleuchten, wurden auch entsprechende Grünlandmischungen an ausgewählten Standorten der fünf beteiligten Bundesländer mit untersucht. Die Auswahl standortangepasster Mischungen hat sich auch hier in der Regel als die richtige Maßnahme erwiesen.

In Anbetracht der teilweise deutlich positiven langfristigen ökologischen Wirkungen des Ackerfutteranbaus und der sinnvollen Nutzung der für die tierische Versorgung nicht mehr benötigten Grünlandaufwüchse kann der Einsatz für die Biogasproduktion für die allgemeine Akzeptanz der Biogasbranche einen wichtigen Beitrag leisten.

7 Transfer der Ergebnisse auf Praxisbedingungen und Bewertung (Delphi-Analyse)

Strauß, C. (TLL); Winter, K. (TLL)

Bedingungen von Parzellenversuchen sind im Hinblick auf beeinflussbare Wachstumsfaktoren weitestgehend optimiert. Um jedoch belastbare Aussagen über Erträge aus dem Projekt: „Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands“ für Praxisbetriebe zu generieren wurde in den Jahren 2010/11 ein mehrstufiges Bewertungsverfahren gewählt, welches neben quantitativen Bewertungselementen als Kernstück eine mehrstufige Expertenbefragung (Delphi-Analyse) umfasste. Es wurden zwei Befragungsrunden mit 45 Experten aus den untersuchten 8 Regionen durchgeführt.

Methoden

- A) Auf Basis von Versuchsergebnissen des EVA- Projektes, weiterer von Mitteln des BMELV geförderter Projekte, Landesversuchen (z.B. Landessortenversuchen) und statistischen Daten (EBE, BEE) wurden in einem ersten Schritt mit Hilfe einer abgestimmten Schätzmethodik erste Expertenschätzungen von a) Parzellenerträgen und b) Parzellenerträgen mit Abschlag, für die unterschiedlichen, im EVA-Verbund berücksichtigten Standortbedingungen abgeleitet.
- B) Zur Validierung dieser Schätzwerte wurden über die am Fruchtfolgeversuch beteiligten Institutionen mindestens 5 Experten aus der (angewandten) pflanzenbaulichen Forschung und Beratung und der praktischen Landwirtschaft gebeten, an einer Delphi- Befragung teilzunehmen. Aufbauend auf der Ausgangsschätzung wurde in zwei Befragungsrunden 2010/2011, Schätzungen zu minimalen, durchschnittlichen und maximalen Ertragserwartungen der spezifischen Anbauregion abgegeben.
- C) Ertragserwartungen wurden vor dem Hintergrund ihres relativen Methanbildungspotenzials nach Werten der Untersuchungen von Hermann et al. (2010) hinsichtlich potenzieller Methanhektarerträge bewertet.
- D) Auf Basis einer Indifferenzbetrachtung, d.h. der Berücksichtigung einer Abhängigkeit der Silagepreise vom Weizenpreis wurden von Reus et al. entsprechende Hektarleistungen abgeleitet. Gleichzeitig wurde eine Kostenanalyse auf Basis regionstypischer Bewirtschaftungsregimes und Faktoreinsätzen durchgeführt. Genauere Angaben zur Methode wurden im Zwischenbericht der Universität Gießen veröffentlicht.

Ergebnisse

Die Kombination von Mais mit der Winterzwischenfrucht Grünschnittroggen führt nach Meinung der Experten in allen Regionen zu den höchsten Jahreserträgen. Bei den von den Experten betrachteten Einzelfruchtarten, wird der Mais in allen Regionen als die ertragreichste Fruchtart eingeschätzt. Die Fruchtarten, die nach Meinung der Experten nahe an das Ertragsniveau von Silomais heranreichen sind allerdings regionsspezifisch unterschiedlich. In den Regionen Mecklenburg-Vorpommern (MV) und Thüringen (TH) handelt es sich um Wintertriticale, in MV auch noch um Wintergerste, in der Region Niedersachsen (NI) um Ackerfutter (Weidelgras/Rotklee) und in Brandenburg (BB), Bayern (BY), Baden-Württemberg (BW), Sachsen (SN) und Sachsen-Anhalt (SNT) um Sorghum bicolor (Tabelle 19).

Tabelle 19: Erwartungswerte für Trockenmasseerträge unterschiedlicher Anbauoptionen in dt/ha (Quelle: Delphi-Befragung) in 8 Bundesländern. Orange dargestellt ist die jeweils ertragsstärkste Einzelfruchtart, gelb jeweils die Fruchtart mit der zweithöchsten Ertragserwartung, Dunkelgrün dargestellt die ertragsstärksten Varianten im Zweifruchtkultur.

	MV	BB	BY	NI	TH	BW	SN	SNT
Mais HF	114	102	178	161	146	183	128	161
Sorghum (b.) HF	82	91	140	125	132	168	120	140
Sorghum (b.x s.) HF	82	89	133	115	129	147	104	127
W.Triticale	103	70	111	121	135	122	71	139
W.Roggen	100	63	112	120	126	111	67	122
W.Gerste	103	51	96	106	122	96	70	120
Ackerfutter HNJ	62	77	137	148	111	124	90	125
Roggen / Mais	122	123	192	180	177	196	136	170
Roggen / Sorghum	119	117	196	154	168	183	122	137

Für bekannte Kulturen wie den Mais als Einzelkultur sind sowohl in der Expertenschätzung als auch in der exakten Ermittlung im EVA-Versuch (Mittelwert über 8 Jahre) die höchsten Trockenmasseerträge pro ha zu verzeichnen (Tabelle 20). Die EVA-ermittelten Trockenmasseerträge sind zwischen 4 und 45 % höher als die geschätzten Ertragswerte. Geringer sind die Abweichungen in den Futterbaugebieten Niedersachsen und Bayern, in denen Mais auf 17-25% der landwirtschaftlichen Nutzfläche kultiviert wird. Größer sind die Differenzen zwischen Schätzung und Exaktwerten in Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen-Anhalt und Thüringen, Getreideanbaugebieten, in denen Mais nur auf 11-12% der Ackerfläche steht. Auch Brandenburg ist die Abweichungen mit 28% hoch, obwohl die Maisanbaufläche dort mit 14 % an der landwirtschaftlichen Nutzfläche nicht gering ist.

Tabelle 20: Geschätzte und gemessene Mais Trockenmasseerträge in dt/ha in 8 Bundesländern. Differenz in Prozent bezogen auf den gemessenen Ertragswert.

	MV	BB	BY	NI	TH	BW	SN	SNT
Mais HF (Delphi)	114	102	178	161	146	183	128	161
Mais HF (EVA)	206	142	185	169	173	210	147	235
% Diff. bezogen auf die EVA-Messwerte	-45	-28	-4	-5	-16	-13	-13	-32

Die in den EVA- Versuchen ermittelten Trockenmasseerträge für die verschiedenen Energiepflanzen verhalten sich zu den geschätzten Werten nicht immer gleich. Weniger bekannte Kulturen wie Sorghum oder auch die Nutzung von Getreide als Ganzpflanzensilage zeigen teilweise auch Schätzwerte, die über dem gemessenen Ertrag aus dem Exakt-Versuch liegen. In Niedersachsen haben die Experten den Ertrag der Alternativfrüchte generell höher eingeschätzt als den tatsächlich gemessenen Ertrag auf den EVA-Flächen (Vgl. Tabelle 21).

Tabelle 21: Geschätzte und gemessene Trockenmasseerträge unterschiedlicher Energiepflanzen in dt/ha in 8 Bundesländern. Differenz in Prozent bezogen auf den gemessenen Ertragswert.

	MV	BB	BY	NI	TH	BW	SN	SNT
Sorghum (b.) HF (Delphi)	82	91	140	125	132	168	120	140
Sorghum (b.) HF (EVA)	138	118			97	171		196
% Diff. bezogen auf die EVA-Messwerte	-41	-23			+26	-2		+29
Sorghum (b.x s.)HF (Delphi)	82	89	133	115	129	147	104	127
Sorghum (b. x s.) HF (EVA)	131	126	130	111	140	127	126	
% Diff. bezogen auf die EVA-Messwerte	-38	-30	+2	+4	-8	+16	-18	
Wintertriticale HF (Delphi)	103	70	111	121	135	122	71	139
Wintertriticale HF (EVA)	129	66	112	101	148	112	66	167
% Diff. bezogen auf die EVA-Messwerte	-20	+6	-1	+20	-9	+8	+8	-17
Winterroggen HF (Delphi)	100	63	112	120	126	111	67	122
Winterroggen HF (EVA)		81		112				
% Diff. bezogen auf die EVA-Messwerte		-22		+7				
Wintergerste HF (Delphi)	103	51	96	106	122	96	70	120
Wintergerste HF(EVA)	106	79	82	87	134	127	65	140
% Diff. bezogen auf die EVA-Messwerte	-3	-35	+17	+22	-9	-24	+8	-14
Ackerfutter HNJ (Delphi)	62	77	137	148	111	124	90	125
Ackerfutter HNJ (EVA)	136	124	165	135	77	86	94	124
% Diff. bezogen auf die EVA-Messwerte	-55	-38	-17	+10	+45	+43	-5	0

In der Zweikulturnutzung gehen die Experten nur in Thüringen von höheren Erträgen aus im Vergleich zu den EVA-Daten. In Mecklenburg-Vorpommern zeigt sich wie bei den meisten anderen Befragungen auch die größte Differenz zu den EVA-Ertragsermittlungen (Vgl. Tabelle 22).

Tabelle 22: Geschätzte und gemessene Trockenmasseerträge der Zweikulturnutzungen von Grünschnittroggen mit Mais oder mit Sorghum in dt/ha in 8 Bundesländern. Differenz in Prozent bezogen auf den gemessenen Ertragswert.

	MV	BB	BY	NI	TH	BW	SN	SNT
Roggen/Mais (Delphi)	122	123	192	180	177	196	136	170
Roggen/Mais (EVA)	239	143	207	222	163	229	148	208
% Diff. bezogen auf die EVA-Messwerte	-49	-14	-7	-19	+8	-15	-9	-18
Roggen/Sorghum (Delphi)	119	117	196	154	168	183	122	137
Roggen/Sorghum (EVA)	192	142	209	180	126	181	138	163
% Diff. bezogen auf die EVA-Messwerte	-38	-18	-6	-15	+34	+1	-12	-16

Zusammenfassend:

- Die Bedeutung von Schätzwerten, die nahe an den durch Versuche ermittelten Werten liegen besagen, dass regionale Experten diese Kulturen genau kennen und deren Ertrag gut einschätzen können. Da man aber davon ausgehen kann, dass Ergebnisse aus Exakt-Versuchen im allgemeinen höhere Erträge erzielen, liegt möglicherweise in Regionen, in denen die Schätzung an das gemessene Ergebnis heranreicht, die N-Düngung über dem Optimum.
- Möglicherweise können die aus Exakt-Versuchen gewonnen Erkenntnisse von Expertenbefragungen unterstützt werden, um belastbare Aussagen für Beratungen zu generieren. Allerdings trifft das hauptsächlich für bekannte Kulturen zu. Im EVA-Projekt geht es um alternative Kulturen, sei es in ihrer Nutzung (Getreide als Ganzpflanzensilage) oder als Einsatz neuer Pflanzenarten (z.B. Sorghum). Deren Praxiserträge scheinen auch Experten noch nicht bekannt zu sein, da hier Schätzungen und ermittelte Erträge stark differieren.

Fazit:

Für die Entwicklung neuer Anbausysteme sind Exakt-Versuche die einzig realistische Möglichkeit beratungsfähiges Wissen zu generieren.

8 Zusammenfassung

Die Auswertung der EVA- Fruchtfolgeversuche und der weiterführenden Versuche zu verschiedenen Systemfragen des Energiepflanzenanbaus für die Bereitstellung von Biogassubstraten sicherte eine Vielzahl von Ergebnissen für die Landwirte Deutschlands. Durch die methodisch einheitliche und an die Anforderungen der in den verschiedenen Teilprojekten weiterführenden Begleitforschung angepasste Parametererhebung stellen die pflanzenbaulichen Parzellenversuche zugleich die Datengrundlage für die übergreifenden Auswertungen und Bewertungen der Produktion von Biogassubstraten dar.

Die im Zeitraum von 2005-2009 (EVA I) und 2009-2013 (EVA II) durch in 7 bzw. 9 Bundesländern verortete Institutionen an über 20 Standorten durchgeführten Versuche ermöglichten übergreifende und auf Fragestellungen bezogene Bewertungen. Durch die Clusterbildung mit weiteren Projekten und Arbeitsgruppen fanden die EVA-Daten und Ergebnisse Eingang in verschiedene weiterführende Arbeiten. Hier sollen beispielhaft die FNR-geförderten Projekte „Anbautechnik Sorghumhirsen - Ein Beitrag zur Diversifizierung des Energiepflanzenspektrums“, „Potenziale zur Minderung der Freisetzung von klimarelevanten Spurengasen beim Anbau von Energiepflanzen zur Gewinnung von Biogas“, „Ganzpflanzengetreide“ oder die Arbeitsgruppe CANDY- Modell am UFZ aufgeführt sein. Gleichzeitig erfolgte eine kontinuierliche Anpassung der Fragestellungen und Fruchtfolgegestaltung unter Berücksichtigung gewonnener Erkenntnisse und aktueller, veränderter Anforderungen an den Energiepflanzenanbau. Die Bestandesführung und Bewirtschaftung der Versuchspartzen wurde nach guter fachlicher Praxis standortüblich und praxisangepasst durchgeführt und unterlag damit ebenfalls einer Anpassung an den aktuellen Kenntnisstand aus Praxis und angewandter Forschung.

Die anzustrebende Gewinnmaximierung für den Landwirt bzw. Energiewirt bei der ganzjährigen Substratbereitstellung lässt sich durch die grundsätzlichen Handlungsstrategien Kostenminimierung (Senkung Produktionskosten, Steigerung Flächeneffizienz) oder Preismaximierung realisieren. Auf die Preisgestaltung des Endproduktes Substrat bzw. Biogas/Biogasstrom hat der Praktiker nur geringe Einflussnahme. Mit den untersuchten Anbauoptionen und -strategien sollten, unter den Aspekten der bestmöglichen Ausschöpfung des Standortpotentials und der Sicherung und Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit, Aussagen und Empfehlungen zu möglichen kostenminimierenden Entscheidungsvarianten erarbeitet werden. Auch unter dem Blickwinkel, dass die derzeit ökonomischste Kultur Mais aus verschiedenen Richtungen unter Druck gerät. Durch an Bedeutung gewinnende Schadorganismen (Maiswurzelbohrer, Maiszünsler) und aufkommende Herbizidresistenzen der Begleitflora steigt der phytosanitäre Druck und die Anbauverfahren für Mais müssen intensiviert werden. Steigende gesellschaftliche Anforderungen (Nationale Nachhaltigkeitsstrategie (2002), EG-WRRL (2000), Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt (2007), Düngerverordnung (2006)) werden in Gesetzen und gesetzlichen Rahmenbedingungen manifestiert und in der geschärften öffentlichen Wahrnehmung sind Schlagworte wie Maiswüsten, Nitratverseuchung im Trinkwasser, Strompreisanstieg durch EEG-Förderung mit der gleichzeitigen Forderung nach einer nachhaltigeren Gestaltung des Energiepflanzenanbaus allgegenwärtig.

Die EVA-Versuche zeigten, dass mit angepasster Fruchtfolgegestaltung, hohe Trockenmasseerträge bei ausreichenden Substrateigenschaften erzielt werden können. So waren die nach regionalen Ansätzen konzipierten Fruchtfolgen außer an den Standorten Werlte und Trossin nicht signifikant ertragreicher als mindestens eine der vielgliedrigen Standardfruchtfolgen 01-05. Am Thüringer Standort Dornburg war bei gleichzeitig höherer Ertragsstabilität

die Fruchtfolge 01 (W.Gerste/Sorghum-Mais-W.Triticale/Phacelia-W.Weizen; 555dt TM/ha) beispielweise ertragreicher als die Maisselbstfolge (FF07; 530 dt TM/ha). In der Auswertung der 4 angebauten Rotationen/Anlagen (1.Anlage 2005-2009 weiterführend 3.Anlage 2009-2012 und 2.Anlage 2006- 2010 weiterführend 4.Anlage 2010-2013) werden trotz der einzeljährlich stark variierenden Wuchsbedingungen unterschiedliche standortabhängige Eignungen der Kulturen und Fruchtfolgekombinationen und damit auch der geprüften Fruchtfolgen deutlich.

Mit dem Einsatz von Gärresten als Wirtschaftsdünger in den jeweiligen Fruchtfolgen können Nährstoffkreisläufe geschlossen werden oder durch Nährstofftransfer in anderen Rotationen mineralische Dünger ersetzt werden und damit gekoppelte Treibhausgasemissionen reduziert werden. In den vom TFZ koordinierten themenbezogenen Satellitenversuchen wurde unterstrichen, dass mit Gärrestdüngereinsatz zu mineralischen Düngervarianten vergleichbare Erträge erzielt werden. Auch aufgrund nicht angerechneter Ausbringungsverluste ist ein generell unterstelltes Mineraldüngeräquivalent von 70% ist zu hoch. Dabei kann für die C₄-Pflanzen Mais und Sorghum von einer besseren Gärrestverwertung als bei anderen Kulturen ausgegangen werden. Unabhängig von der Düngeform wurden bei allen Kulturen und einzelnen Jahren erhöhte N_{min}-Gehalte nach Ernte vorgefunden, welche durch Zwischenfruchtanbau kompensiert werden können. Da für Gärreste keine Tabellenwerte vorliegen, müssen regelmäßige Inhaltstoffanalysen zur Berechnung der Düngemengen herangezogen werden. Nur so lässt sich das Risiko von Ertragsminderungen, N-Überschüssen und möglichen Verlagerungen ins Grundwasser reduzieren. Um Nährstoffverluste, insbesondere in Form von Ammoniak bei Ausbringung zu vermeiden, sollte bei oberflächlicher Ausbringung mit z. B. Schleppschläuchen darauf geachtet werden, den Gärrest sofort nach Ausbringung einzuarbeiten, oder gänzlich auf effektivere Techniken wie z. B. Injektionsgeräte umzustellen.

Fruchtfolgewirkungen der einzelnen in die Fruchtfolgen integrierten Fruchtarten und insbesondere kumulierte Wirkungen der Rotationen sollten durch ein über alle Fruchtfolgen (FF01-FF10) einheitliches abtragendes Fruchtfolgeglied abgebildet werden. Direkte Wirkungen der Vorfrüchte waren feststellbar. Nach W.Raps mit Kornnutzung standen im Mittel relativ 6% mehr W.Weizen bzw. W.Roggen zur Ernte, während nach W.Triticale Kornnutzung im Mittel 5% weniger geerntet wurde. Die Integration von Zwischenfrüchten nach W.Triticale-GPS in die Fruchtfolge hob die negativen Ertragswirkungen auf (FF01 W.Triticale/Phacelia: 99% Relativertrag, FF03 W.Triticale/einj. Weidelgras: 100% Relativertrag). Durch den Anbau von mehrjährigem Ackerfutter (FF04/05) steigerte nicht den Ertrag der direkten Folgefrucht. Vielmehr konnten je nach Ackerfuttermischungen zeitlich differierende Ertragswirkungen auf die zwei folgenden Fruchtfolgeglieder festgestellt werden. Eine Selbstfolgeverträglichkeit von Mais ohne Ertragsdepression wurde bestätigt, veränderte Schaderregerdynamiken in Selbstfolgen waren aus den Versuchsergebnissen nicht ablesbar aber aufgrund des Versuchsaufbaus und der Besonderheiten von Parzellenversuchen nur bedingt abbildbar.

Verschiedene Versuche zu Optimierung und Minimierung der Faktoreinsätze zeigen unterschiedliche Minimierungspotentiale für die einzelnen Kulturarten. Die zu erwartenden Ertragsminderungen bei untersuchten Minimierungsansätzen hinsichtlich Pflanzenschutzmitteleinsatz, Düngungsniveau und Bodenbearbeitung waren vor allem bei Mais und Sorghum deutlich ersichtlich. Untersuchungen in Ascha verdeutlichten dass ein Herbizidverzicht die Konkurrenz in der Jugendentwicklung die Ertragsbildung soweit einschränken kann, dass keine erntewürdigen Bestände heranwachsen. Wintergetreide- und Weidelgrasbestände reagierten weniger stark auf einen Herbizidverzicht, bei entsprechender Beobachtung des Unkrautdrucks liegen hier Einsparungspotentiale. Bei einem niedrigeren Düngungsniveau (-

30 kg N je Kultur) verringerten sich die Erträge nicht signifikant, wobei wiederum bei Mais die Minderungen höher waren. Im Vergleich der Bodenbearbeitungsstrategien pfluglos/minimal zu Pflug/konventionell am Standort Dornburg reagierten die Einzelkulturen unterschiedlich auf einen Pflugverzicht, stärkere Ertragseinbußen wurden wiederum für Mais festgestellt, während die angebauten GPS-Getreide und Grünschnittgetreide die Minimierungsvariante stärker tolerierten. Über gesamte Fruchtfolgen betrachtet ergaben sich keine signifikanten Ertragsminderungen. In weiterführenden Untersuchungen zu Bodenaktivitäten und bodenmikrobiologischen Parametern zeigte sich bei Minimalbodenbearbeitung verstärkte Bodenaktivität sowie größere Abundanzen und Individuenzahlen für verschiedene Organismengruppen und -arten.

Als Ergebnis der am ATB und durch die Arbeitsgruppe HBT (TLL) durchgeführten Batch-Gärversuche wurde eine Matrix zur Einschätzung der Gasbildungspotentiale erstellt und validiert. Die Untersuchungen zeigten, dass Fruchtart und Reifezustand bzw. Fruchtfolgestellung die Gasbildungspotentiale der jeweiligen Substrate stärker beeinflussen als unterschiedliche Sorten oder Standorte. Dabei waren die Potentiale der einzelnen Substrate in der Mehrzahl geringer als bei Mais in Hauptfruchtstellung.

Eine im Projekt durchgeführte mehrstufige Delphi- Analyse belegt, dass Experten und Praktiker aus den Regionen Fehleinschätzungen der Ertragsleistungen alternativer Kulturen mit regional geringerem Anbauumfang unterliegen. Der Vergleich der Ertragseinschätzungen mit den Ergebnissen der EVA-Exaktversuche zeigt Unterschiede, die über das zu erwartende Maß hinausgehen und möglicherweise Anbauentscheidungen zusätzlich zu Gunsten gebräuchlicher Kulturarten -Mais- verschieben.

Mais in Hauptfruchtstellung erzielte an allen Standorten hohe Erträge, der Maximalertrag mit 270 dt TM/ha wurde im Jahr 2011 am Standort Ettlingen geerntet. Jedoch variierte der Maisertrag stark, am stärksten in Dornburg mit einer Spanne von 144 dt TM/ha zwischen Minimum und Maximum (86 % des Ertragsmittels am Standort) und am geringsten in Bernburg mit einer Spanne zwischen Minimal- und Maximalertrag von 46 dt TM/ha, hier wurden mit Mais in Hauptfruchtstellung im Mittel auch die höchsten Trockenmassenerträge pro Jahr erzielt.

Die in den Fruchtfolgen integrierten Zweikultursysteme (2 Kulturen pro Jahr mit aufeinander ausgerichteten Ernte- und Aussaatzeitpunkten bei jeweils verkürzten Vegetationsdauern) oder die Kombinationen aus Hauptfrucht und Stoppelsaaten mit Ertragsfunktionen waren am flächeneffizientesten (Ausnahmen: Bernburg Mais HF, Trossin Zuckerrübe). Dennoch bleibt auf die beobachteten Anbaurisiken mit möglichen Ertragsdepressionen für die Stoppelsaaten oder Zweitfrüchte und auch für die Folgefrüchte hinzuweisen. Diese können durch eventuelle Saatzeitverschiebungen, ungenügende Abreifen (fehlende Temperatursummen, verkürzte Wuchszeiten) bedingt sein oder auf Etablierungsrisiken bei ausgeprägten Frühjahrs- bzw. Frühsommertrockenheiten und hoher Bodenwasserausschöpfung zurückzuführen sein. Die Versuchsreihen am Standort Güterfelde zur Vegetationszeitausnutzung einzelner Kulturen zeigten beispielsweise, dass eine Saatzeitverzögerung nach verspäteten Ernten um mehr als 14 Tage bei W.Roggen eine Ertragsminderung von 20 % und eine Verzögerung um mehr als 28 Tage eine Minderung um 40 % erwarten lässt. Eine an Fruchtfolge und Standort angepasste Sortenwahl sichert Substratqualitäten und die optimale Ausschöpfung der jeweiligen Ertragspotentiale. Die ertragreichsten Fruchtfolgekombinationen waren W.Roggen/Mais Zweitfrucht (Mittel 1.-4.Anlage in dt TM/ha; Gülzow: 52/187; Güterfelde: 34/109; Trossin: 35/113; Werlte: 72/151) und W.Gerste Hauptfrucht/Sorghum Stoppelsaat (Mittel 1.-4.Anlage in dt TM/ha; Ascha: 82/131; Bernburg: 140/70; Dornburg: 134/59; Ettlingen: 89/142). Unter-

schiedliche Anbaueignungen und Ertragspotentiale der Kulturen zeigen sich u.a. in den Verschiebungen der Ertragsanteile zwischen Getreide und C₄-Pflanzen in den Kombinationen.

Die bereits etablierten Produktionsverfahren aus dem Marktfruchtanbau mit dem aufgezeigten Minimierungspotential und Optimierungsvarianten machen den Anbau von Getreide für die Nutzung als Ganzpflanzensilage (GPS) für den Energiepflanzenanbau empfehlenswert. Zusätzlich besteht die Möglichkeit der Etablierung von nachfolgenden Stoppelsaaten. Diese können wie bereits beschrieben Ertragsfunktionen erfüllen oder als Gründüngung (in EVA Senf, Ölrettich, Phacelia) genutzt werden und damit z.B. durch Vorfruchtwirkung, Stickstofffixierung oder Bodenbedeckung einen ökologischen oder produktionstechnischen Mehrwert (Ertragssteigerungen Nachfrucht, Einhaltung WRRL, Verbesserung Humusbilanz, Biodiversitätsplus usw.) erbringen. Wintergetreidearten zeigten sich ertragreicher als Sommergetreide. Die Wahl der angepassten Arten, Artenmischungen und Sorten erfolgt entsprechend der jeweiligen Ertragspotentiale. W.Triticale (Mittel 1.-4.Anlage in dt TM/ha; Ascha: 112; Bernburg: 174; Dornburg: 153; Ettlingen: 87; Gülzow: 126; Trossin: 66) und W.Roggen (Mittel 1.-4.Anlage in dt TM/ha; Güterfelde: 81; Werlte: 112) erbrachten standortspezifisch die höchsten Flächenleistungen. Hohe Erträge an verschiedenen Standorten (Maximum: 156 dt TM/ha, 2009 in Dornburg; Mittel 1.-4.Anlage: 75 dt TM/ha in Güterfelde) und die Wirkung als Gesundungsfrucht in Getreidefruchtfolgen machen Hafer bzw. Hafersortenmischungen ebenfalls praxisrelevant und prüfenswert.

Die Wahl der angebauten Sorghumarten und -sorten erfolgte an Standort und Fruchtfolge angepasst. Die Kulturführung an den Standorten profitierte aus den Erfahrungen im EVA-Verbund und den etablierten Erprobungen als auch Anbauversuchen verschiedener Institutionen und Projekte. So sind Ertragssteigerungen in Projektverlauf u.a. auf das verbesserte Know-how hinsichtlich Bestandesführung und Sortenwahl sowie auf durch züchterische Arbeit neu verfügbare Sorten zurückzuführen. Für Sorghum lässt sich gegenüber Mais eine relative Vorzüglichkeit vor allem für die trockenen D- Standorte ableiten. So konnte am Standort Güterfelde in 4 von 4 Jahren für Mais (HF) keine signifikant höheren Erträge als für Sorghum in Hauptfruchtstellung geerntet werden (Mittel 1.-4.Anlage in dt TM/ha; Mais 133, Sorghum 121). Gegenüber Mais zeichnet sich ebenfalls auf den leichteren Standorten eine bessere Zweitfruchteignung ab. Die höheren Ansprüche an die Bodentemperaturen zur Aussaat im Vergleich zu Mais ermöglichen aber eine längere Periode für die Ertragsbildung der Vorfrüchte in den beschriebenen Fruchtfolgekombinationen. Spätsaaten nach GPS-Getreide in Hauptfruchtstellung erreichen noch erntewürdige Erträge, zu beachten bleiben aber die bereits aufgeführten Anbau- und Etablierungsrisiken.

Die untersuchten mehrjährigen Ackerfuttermischungen (AFM) sicherten standörtlich mit Mais vergleichbare Ertragsleistungen (Mittel 1.-4.Anlage in dt TM/ha; Dornburg: Mais/AFM im Hauptnutzungsjahr 172/165). Gleichzeitig ist der Anbau von mehrjährigem Ackerfutter in den Fruchtfolgen durch seine arbeitswirtschaftliche Flexibilität, den geringen Faktoreinsatz (Pflanzenschutzmittel und Dünger) des Ackerfutterbaus, den hohen ökologischen Wert der Ackerfuttermischungen (vgl. Ergebnisse Teilprojekt 2), die Möglichkeit des Nährstofftransfers (Gärrestüberschuss durch legume N-Bindung) in andere Kulturen und die positiven Vorfruchtwirkungen attraktiv. Untersuchungen im von der LWK Niedersachsen koordinierten Satellitenprojekt Ackerfutter und Grünland bestätigen die vergleichsweise hohen Ertragsleistungen. Vor allen für Standorte mit niedrigem Ertragsniveau für C₄-Pflanzen oder mit verkürzten Vegetationszeiten (unzureichende Abreife oder Ertragsleistungen) ergeben sich Anbaueignungen. Bei extensivem Nutzungsregime (2-3 Schnitte) werden bei Ausnutzung der Minimierungseffekte auf die Arbeitserledigungskosten vergleichbare Trockenmasseerträge

und Substrateigenschaften (Gasbildungspotentiale) erzielt. Dabei sind standortangepasste Mischungen zu etablieren. Weidelgrasbetonte Mischungen eignen sich aufgrund höherer Ertragspotentiale und der spezifischen Gasbildungspotentiale auf ausreichend wasserversorgten Standorten, auf trockenen Standorten sind Luzernegrasmischungen oder angepasste Grasmischungen zu bevorzugen.

In den regionalspezifisch konzipierten Fruchtfolgen und verschiedenen weiterführenden Versuchen kamen weitere Kulturarten zum Anbau, so u.a. Zucker- bzw. Energierüben, Kartoffeln, Topinambur, Sonnenblumen, Hanf, Mischkulturen und verschiedene Arten- und Sortenmischungen. Ebenso waren wie in den Standardfruchtfolgen verschiedene Marktfrüchte in die Fruchtfolgen integriert. Die standörtlichen Ergebnisse zeigten teilweise vielversprechende überregional zu prüfende Ansätze (EVA III: FF05 Leguminosen-Getreidegemengefrühe WZwF/Mais-Energierübe-W.Weizen), unterstrichen die regionale Bedeutung und Leistungen der geprüften Kulturen oder werden aufgrund der negativen Erfahrungen hinsichtlich der Ertragsleistungen, der Bestandesführung, der Substrateigenschaften und spezifischen Gasbildungspotentiale oder der restriktiven Rahmenbedingungen nicht weiterverfolgt.

9 Fazit

Die aus den Fruchtfolgeversuchen gewonnenen Ergebnisse verdeutlichen, dass mit gezieltem Fruchtfolgemanagement und dem Einsatz standortangepasster Kulturen, Sorten und Bewirtschaftungsoptionen auf verschiedene Zielgrößen eingewirkt werden kann. So kann ein Kompensationsaufwand aufgrund Schadwirkungen ausgeschlossen, ökologische Mehrleistungen erbracht, Arbeitszeitmanagement, Gärrestemanagement und Silomanagement flexibilisiert werden. Zusätzlich sind unter Ausnutzung von direkten und indirekten Vorfruchtwirkungen Mehrerträge und Faktoreinsparungen realisierbar.

Die durch Standort- und Wachstumsbedingungen variierenden Ertragspotentiale für die einzelnen Fruchtarten sowie Fruchtfolgekombinationen und die spezifischen Gasbildungspotentiale der jeweiligen Substrate beeinflussen die jeweiligen Vorzüglichkeiten der einzelnen Kulturen und Fruchtfolgen.

Unter Einbeziehung der Ergebnisse der Minimierungsansätze, den zu berücksichtigenden Vorfruchtwirkungen (Ertrag, phytosanitärer Status usw.), der ökologischen Mehrleistungen und den Flexibilisierungsmöglichkeiten in der arbeitswirtschaftlichen Planung ergeben sich eine Vielzahl von Optionen für die nachhaltige Gestaltung von Energiepflanzenfruchtfolgen mit verschiedenen Alternativen zum Maisanbau. In gleicher Weise bringt der Anbau von Biogas-Energiepflanzen Möglichkeiten enge Getreide- bzw. Marktfruchtfolgen zu erweitern und zu diversifizieren. Dabei können Schadwirkungen kompensiert werden. So ist z.B. eine Unterbrechung von fruchtfolgespezifischen Schaderregerdynamiken (bspw. Fusariosen, Nematoden, Halmbruchkrankheit, Schadunkräuter), ein Nährstofftransfer über Gärrestdüngung in andere Fruchtfolgen oder eine Verbesserung der Humussalden praxisrelevant.

Für eine übergreifende Bewertung der untersuchten Fruchtfolgen und Energiepflanzenkulturen hinsichtlich Leistungsfähigkeit, Flexibilität und Nachhaltigkeit sind die pflanzenbaulichen Ergebnisse im Zusammenhang mit den Ergebnissen der ökologischen, ökonomischen und substratbewertenden Begleitforschung zu sehen.

Anhang

Verzeichnis des Anhangs

- Anhang 1a: Tabellarische Übersicht der Erträge Fruchtfolgen 01-05
- Anhang 1b: Übersicht der regionalspezifischen Fruchtfolgen
- Anhang 1c: Erträge des Abschluss-FFG W.Weizen (Güterfelde, Trossin: W.Roggen) je Fruchtfolge und Versuchsanlage in dt/ha, normiert auf Standard Trockensubstanz 86%
- Anhang 1d: Übersichten zu Temperatur und Niederschlag an den Versuchsstandorten; 2008-2013; farblich skalierte Darstellung mit Vergleich zum Mittel der Jahre 2005-2013

Berichte Grundversuch

- Anhang 2: Landwirtschaftskammer Niedersachsen
Frerich Wilken, Dr. Matthias Benke (LWK NI)
- Anhang 3: Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei
Dr. Jana Peters, Dr. Andreas Gurgel (LFA)
- Anhang 4: Brandenburgisches Landesamt für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung
Dr. Gunter Ebel, Dr. Gert Barthelmes (LELF)
- Anhang 5: Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie ,
Jana Grunewald, Dr. Kerstin Jäkel (LfULG)
- Anhang 6: Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau Sachsen-Anhalt,
Inga Bormann, Kevin Böttcher, Dr. Lothar Boese
- Anhang 7a: Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft ,
Jens Eckner, Markus Dressler, Dr. Arlett Nehring, Marco Lorenz, Daniel Freund, Maren Oswald (TLL)
- 7b: Hohenheimer Biogasertragstest
Frank Hengelhaupt, Dr. Katja Gödeke, Christoph Strauß, Christian Weiser, Dr. Gerd Reinhold (TLL)
- Anhang 8: Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe
Daniela Zander, Dr. Kathrin Deiglmayr, Dr. Maendy Fritz (TFZ)
- Anhang 9: Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg,
Dr. Ernst Walter, Dr. Sandra Kruse, Klaus Mastel (LTZ)

Berichte Satellitenversuche

- Anhang 10: Kleiner und Großer Gärrest,
Beate Formowitz, Dr. Maendy Fritz (TFZ)
- Anhang 11: Mischanbau Mais und Sorghum
Dr. Andreas Gurgel (LFA), Dr. Kathrin Deiglmayr (TFZ)
- Anhang 12: Ackerfutter- und Grünlandmischungen
Carsten Rieckmann (LWK Niedersachsen), Dr. Heidi Jänicke (LFA Mecklenburg-Vorpommern), Dr. Gunter Ebel, Dr. Frank Hertwig, (LELF Brandenburg), Dr. Katrin Schmalzer (HU Berlin), Dr. Walter Peyker, Dr. Arlett Nehring (TLL Thüringen), Dr. Mandy Fritz (TFZ), Dr. Frank Hartmann (LFL), Bayern
- Anhang 13: Untersuchungen zum Auftreten von Halmbasis- und Wurzelpathogenen an Winterweizen und Winterroggen in den Untersuchungsjahren 2012 und 2013
Friederike de Mol, Martina Goltermann, Marlen Schultheiß, Bärbel Gerowitt (Universität Rostock), Jobst Gödecke, Mark Winter, Andreas v. Tiedemann (Universität Göttingen)

Anhang 1a: Tabellarische Übersicht der Erträge Fruchtfolgen 01-05

FF 01		EVA I	S.Gerste	Ölrettich (Gd)	Mais (HF)	W.Triticale (GP)	Sorghum (SZwF)	Σ Fruchtfolge
		EVA II	W.Gerste	Sorghum (SZwF)			Phacelia (Gd)	
NI	Werlte	1.Anlage	81,1 dt TM/ha	32,5 dt TM/ha	112,2 dt TM/ha	71,2 dt TM/ha	0,0 dt TM/ha	297,1 dt TM/ha
		2.Anlage	70,1 dt TM/ha	23,4 dt TM/ha	221,1 dt TM/ha	101,0 dt TM/ha	47,3 dt TM/ha	462,9 dt TM/ha
		3.Anlage	74,3 dt TM/ha	122,9 dt TM/ha	177,4 dt TM/ha	84,5 dt TM/ha	37,2 dt TM/ha	496,4 dt TM/ha
		4.Anlage	83,3 dt TM/ha	87,5 dt TM/ha	211,0 dt TM/ha	132,4 dt TM/ha	28,5 dt TM/ha	542,7 dt TM/ha
		Mittelwert	77,2 dt TM/ha	66,6 dt TM/ha	180,4 dt TM/ha	97,3 dt TM/ha	28,3 dt TM/ha	449,8 dt TM/ha
		Variation [%]	7,90	*	27,24	27,16	*	23,77
MV	Gülzow	1.Anlage	90,5 dt TM/ha	25,7 dt TM/ha	200,6 dt TM/ha	144,7 dt TM/ha	16,1 dt TM/ha	477,7 dt TM/ha
		2.Anlage	89,3 dt TM/ha	30,2 dt TM/ha	265,7 dt TM/ha	144,3 dt TM/ha	12,1 dt TM/ha	541,5 dt TM/ha
		3.Anlage	96,6 dt TM/ha	74,7 dt TM/ha	192,0 dt TM/ha	121,0 dt TM/ha	16,0 dt TM/ha	500,3 dt TM/ha
		4.Anlage	115,4 dt TM/ha	51,6 dt TM/ha	258,0 dt TM/ha	126,7 dt TM/ha	11,3 dt TM/ha	563,0 dt TM/ha
		Mittelwert	98,0 dt TM/ha	45,6 dt TM/ha	229,1 dt TM/ha	134,2 dt TM/ha	13,9 dt TM/ha	520,6 dt TM/ha
		Variation [%]	12,32	*	16,65	9,06	*	7,43
BB	Güterfelde	1.Anlage	63,4 dt TM/ha	22,0 dt TM/ha	88,2 dt TM/ha	65,4 dt TM/ha	85,3 dt TM/ha	324,3 dt TM/ha
		2.Anlage	39,9 dt TM/ha	20,0 dt TM/ha	191,9 dt TM/ha	81,1 dt TM/ha	22,0 dt TM/ha	354,9 dt TM/ha
		3.Anlage	68,4 dt TM/ha	104,5 dt TM/ha	115,0 dt TM/ha	54,9 dt TM/ha	11,1 dt TM/ha	353,9 dt TM/ha
		4.Anlage	88,9 dt TM/ha	41,9 dt TM/ha	164,0 dt TM/ha	56,9 dt TM/ha	34,5 dt TM/ha	386,2 dt TM/ha
		Mittelwert	65,1 dt TM/ha	47,1 dt TM/ha	139,8 dt TM/ha	64,6 dt TM/ha	38,2 dt TM/ha	354,8 dt TM/ha
		Variation [%]	30,92	*	33,50	18,49	*	7,13
SN	Trossin	1.Anlage	59,9 dt TM/ha	29,3 dt TM/ha	101,8 dt TM/ha	60,0 dt TM/ha	50,3 dt TM/ha	301,2 dt TM/ha
		2.Anlage	56,5 dt TM/ha	7,5 dt TM/ha	185,0 dt TM/ha	82,0 dt TM/ha	39,0 dt TM/ha	370,1 dt TM/ha
		3.Anlage	67,9 dt TM/ha	68,7 dt TM/ha	111,3 dt TM/ha	48,0 dt TM/ha	26,0 dt TM/ha	321,8 dt TM/ha
		4.Anlage	60,4 dt TM/ha	89,5 dt TM/ha	182,0 dt TM/ha	75,0 dt TM/ha	8,6 dt TM/ha	415,5 dt TM/ha
		Mittelwert	61,2 dt TM/ha	48,7 dt TM/ha	145,0 dt TM/ha	66,3 dt TM/ha	31,0 dt TM/ha	352,2 dt TM/ha
		Variation [%]	7,87	*	30,78	23,02	*	14,53
ST	Bernburg	3.Anlage	141,4 dt TM/ha	54,8 dt TM/ha	253,5 dt TM/ha	166,8 dt TM/ha	25,8 dt TM/ha	642,2 dt TM/ha
		4.Anlage	139,2 dt TM/ha	86,4 dt TM/ha	258,6 dt TM/ha	181,5 dt TM/ha	11,5 dt TM/ha	677,1 dt TM/ha
		Mittelwert	140,3 dt TM/ha	70,6 dt TM/ha	256,1 dt TM/ha	174,1 dt TM/ha	18,6 dt TM/ha	659,6 dt TM/ha
		Variation [%]	1,10	*	1,41	6,00	*	3,75
TH	Dornburg	1.Anlage	99,0 dt TM/ha	15,6 dt TM/ha	135,1 dt TM/ha	142,7 dt TM/ha	57,4 dt TM/ha	449,8 dt TM/ha
		2.Anlage	93,3 dt TM/ha	25,5 dt TM/ha	227,0 dt TM/ha	121,0 dt TM/ha	17,6 dt TM/ha	484,4 dt TM/ha
		3.Anlage	136,0 dt TM/ha	77,5 dt TM/ha	146,2 dt TM/ha	172,9 dt TM/ha	22,4 dt TM/ha	555,0 dt TM/ha
		4.Anlage	131,3 dt TM/ha	40,6 dt TM/ha	140,6 dt TM/ha	142,2 dt TM/ha	22,3 dt TM/ha	477,0 dt TM/ha
		Mittelwert	114,9 dt TM/ha	39,8 dt TM/ha	162,2 dt TM/ha	144,7 dt TM/ha	29,9 dt TM/ha	491,6 dt TM/ha
		Variation [%]	19,02	*	26,75	14,74	*	9,12
BY	Ascha	1.Anlage	52,3 dt TM/ha	19,9 dt TM/ha	175,7 dt TM/ha	117,7 dt TM/ha	20,9 dt TM/ha	386,6 dt TM/ha
		2.Anlage	78,7 dt TM/ha	43,2 dt TM/ha	258,6 dt TM/ha	129,0 dt TM/ha	46,0 dt TM/ha	555,4 dt TM/ha
		3.Anlage	87,1 dt TM/ha	143,8 dt TM/ha	153,6 dt TM/ha	111,0 dt TM/ha	42,0 dt TM/ha	537,5 dt TM/ha
		4.Anlage	77,3 dt TM/ha	117,8 dt TM/ha	223,0 dt TM/ha	123,3 dt TM/ha	53,5 dt TM/ha	594,9 dt TM/ha
		Mittelwert	73,8 dt TM/ha	81,2 dt TM/ha	202,7 dt TM/ha	120,3 dt TM/ha	40,6 dt TM/ha	518,6 dt TM/ha
		Variation [%]	20,28	*	23,26	6,41	*	17,59
BW	Ettlingen	1.Anlage	86,6 dt TM/ha	33,6 dt TM/ha	195,7 dt TM/ha	56,2 dt TM/ha	155,4 dt TM/ha	527,4 dt TM/ha
		2.Anlage	69,5 dt TM/ha	19,1 dt TM/ha	247,4 dt TM/ha	143,4 dt TM/ha	73,9 dt TM/ha	553,4 dt TM/ha
		3.Anlage	126,6 dt TM/ha	150,7 dt TM/ha	191,1 dt TM/ha	83,0 dt TM/ha	19,4 dt TM/ha	570,8 dt TM/ha
		4.Anlage	50,7 dt TM/ha	133,6 dt TM/ha	270,8 dt TM/ha	113,7 dt TM/ha	10,0 dt TM/ha	578,7 dt TM/ha
		Mittelwert	83,4 dt TM/ha	84,2 dt TM/ha	226,2 dt TM/ha	99,1 dt TM/ha	64,7 dt TM/ha	557,6 dt TM/ha
		Variation [%]	38,77	*	17,31	38,12	*	4,08
SH	Lindenhof	3.Anlage	121,8 dt TM/ha	97,1 dt TM/ha	168,1 dt TM/ha	116,5 dt TM/ha	6,0 dt TM/ha	503,5 dt TM/ha
		4.Anlage	155,8 dt TM/ha	0,0 dt TM/ha	196,3 dt TM/ha	179,7 dt TM/ha	26,2 dt TM/ha	558,0 dt TM/ha
		Mittelwert	138,8 dt TM/ha	48,5 dt TM/ha	182,2 dt TM/ha	148,1 dt TM/ha	16,1 dt TM/ha	530,7 dt TM/ha
		Variation [%]	17,31	*	10,93	30,17	*	7,26
Alle		1.Anlage	76,1 dt TM/ha	25,5 dt TM/ha	144,2 dt TM/ha	94,0 dt TM/ha	55,0 dt TM/ha	394,9 dt TM/ha
		2.Anlage	71,0 dt TM/ha	24,1 dt TM/ha	228,1 dt TM/ha	114,6 dt TM/ha	36,9 dt TM/ha	474,7 dt TM/ha
		3.Anlage	102,2 dt TM/ha	99,4 dt TM/ha	167,6 dt TM/ha	106,5 dt TM/ha	22,9 dt TM/ha	497,9 dt TM/ha
		4.Anlage	100,3 dt TM/ha	72,1 dt TM/ha	211,6 dt TM/ha	125,7 dt TM/ha	22,9 dt TM/ha	532,6 dt TM/ha
		Mittelwert Anlagen	87,4 dt TM/ha	55,3 dt TM/ha	187,9 dt TM/ha	110,2 dt TM/ha	34,4 dt TM/ha	475,0 dt TM/ha
		Mittel Variation*	19,58	*	25,07	19,57	*	*

FF 02			Sorghum (HF)	Grünschnitt- roggen (WZwF)	Mais (ZF)	W.Triticale (Korn)	W.Triticale (Stroh)	Σ Fruchtfolge
NI	Werlte	1.Anlage	91,1 dt TM/ha	43,1 dt TM/ha	126,5 dt TM/ha	52,1 dt TM/ha	55,3 dt TM/ha	368,1 dt TM/ha
		2.Anlage	92,7 dt TM/ha	53,3 dt TM/ha	188,0 dt TM/ha	59,0 dt TM/ha		392,9 dt TM/ha
		3.Anlage	136,5 dt TM/ha	76,9 dt TM/ha	145,7 dt TM/ha	38,4 dt TM/ha	45,5 dt TM/ha	443,0 dt TM/ha
		4.Anlage	125,2 dt TM/ha	73,3 dt TM/ha	176,2 dt TM/ha	65,8 dt TM/ha	45,0 dt TM/ha	472,9 dt TM/ha
		Mittelwert	111,4 dt TM/ha	61,6 dt TM/ha	159,1 dt TM/ha	53,8 dt TM/ha	48,6 dt TM/ha	419,2 dt TM/ha
		Variation [%]	20,63	26,20	17,66	21,72	11,97	11,32
MV	Gülzow	1.Anlage	103,6 dt TM/ha	48,7 dt TM/ha	180,2 dt TM/ha	79,6 dt TM/ha	79,3 dt TM/ha	491,4 dt TM/ha
		2.Anlage	158,9 dt TM/ha	55,4 dt TM/ha	215,8 dt TM/ha	87,3 dt TM/ha	66,6 dt TM/ha	584,0 dt TM/ha
		3.Anlage	106,8 dt TM/ha	44,2 dt TM/ha	171,8 dt TM/ha	78,0 dt TM/ha	65,0 dt TM/ha	465,8 dt TM/ha
		4.Anlage	162,7 dt TM/ha	60,0 dt TM/ha	179,0 dt TM/ha	74,6 dt TM/ha	49,2 dt TM/ha	525,5 dt TM/ha
		Mittelwert	133,0 dt TM/ha	52,1 dt TM/ha	186,7 dt TM/ha	79,9 dt TM/ha	65,0 dt TM/ha	516,7 dt TM/ha
		Variation [%]	24,16	13,50	10,57	6,72	18,99	9,89
BB	Güterfelde	1.Anlage	150,2 dt TM/ha	25,6 dt TM/ha	79,0 dt TM/ha	51,7 dt TM/ha	29,5 dt TM/ha	335,9 dt TM/ha
		2.Anlage	99,5 dt TM/ha	29,7 dt TM/ha	148,4 dt TM/ha	42,3 dt TM/ha	34,5 dt TM/ha	354,3 dt TM/ha
		3.Anlage	122,2 dt TM/ha	41,4 dt TM/ha	86,1 dt TM/ha	21,6 dt TM/ha	22,1 dt TM/ha	293,3 dt TM/ha
		4.Anlage	113,1 dt TM/ha	40,1 dt TM/ha	121,5 dt TM/ha	37,4 dt TM/ha	23,7 dt TM/ha	335,8 dt TM/ha
		Mittelwert	121,2 dt TM/ha	34,2 dt TM/ha	108,7 dt TM/ha	38,2 dt TM/ha	27,4 dt TM/ha	329,8 dt TM/ha
		Variation [%]	17,69	22,73	29,73	32,95	20,77	7,83
SN	Trossin	1.Anlage	168,0 dt TM/ha	19,1 dt TM/ha	98,7 dt TM/ha	27,1 dt TM/ha	9,8 dt TM/ha	322,7 dt TM/ha
		2.Anlage	89,2 dt TM/ha	37,3 dt TM/ha	164,2 dt TM/ha	35,9 dt TM/ha	44,3 dt TM/ha	370,9 dt TM/ha
		3.Anlage	133,8 dt TM/ha	54,6 dt TM/ha	95,3 dt TM/ha	53,0 dt TM/ha *		336,7 dt TM/ha
		4.Anlage	112,2 dt TM/ha	30,0 dt TM/ha	94,0 dt TM/ha	44,5 dt TM/ha *		280,7 dt TM/ha
		Mittelwert	125,8 dt TM/ha	35,2 dt TM/ha	113,1 dt TM/ha	40,1 dt TM/ha *		327,7 dt TM/ha
		Variation [%]	26,66	42,31	30,21	27,74 *		11,40
ST	Bernburg	3.Anlage	215,5 dt TM/ha	26,0 dt TM/ha	161,7 dt TM/ha	103,3 dt TM/ha	81,7 dt TM/ha	588,2 dt TM/ha
		4.Anlage	150,7 dt TM/ha	66,5 dt TM/ha	161,7 dt TM/ha	76,2 dt TM/ha	124,7 dt TM/ha	579,7 dt TM/ha
		Mittelwert	183,1 dt TM/ha	46,2 dt TM/ha	161,7 dt TM/ha	89,7 dt TM/ha	103,2 dt TM/ha	584,0 dt TM/ha
		Variation [%]	25,02	61,88	0,00	21,37	29,46	1,03
TH	Dornburg	1.Anlage	175,5 dt TM/ha	64,2 dt TM/ha	113,0 dt TM/ha	78,4 dt TM/ha	120,0 dt TM/ha	551,1 dt TM/ha
		2.Anlage	115,8 dt TM/ha	59,9 dt TM/ha	180,8 dt TM/ha	83,9 dt TM/ha	123,4 dt TM/ha	563,8 dt TM/ha
		3.Anlage	129,9 dt TM/ha	20,4 dt TM/ha	58,5 dt TM/ha	88,2 dt TM/ha	86,4 dt TM/ha	297,0 dt TM/ha
		4.Anlage	96,8 dt TM/ha	54,1 dt TM/ha	101,4 dt TM/ha	107,0 dt TM/ha	97,9 dt TM/ha	457,1 dt TM/ha
		Mittelwert	129,5 dt TM/ha	49,6 dt TM/ha	113,4 dt TM/ha	89,4 dt TM/ha	106,9 dt TM/ha	467,2 dt TM/ha
		Variation [%]	25,91	40,15	44,67	13,88	16,63	26,34
BY	Ascha	1.Anlage	129,3 dt TM/ha	47,9 dt TM/ha	143,1 dt TM/ha	53,0 dt TM/ha	30,3 dt TM/ha	403,7 dt TM/ha
		2.Anlage	137,9 dt TM/ha	112,9 dt TM/ha	150,6 dt TM/ha	60,0 dt TM/ha	33,0 dt TM/ha	494,4 dt TM/ha
		3.Anlage	128,8 dt TM/ha	37,2 dt TM/ha	80,7 dt TM/ha	67,0 dt TM/ha	37,5 dt TM/ha	313,7 dt TM/ha
		4.Anlage	123,1 dt TM/ha	68,0 dt TM/ha	206,0 dt TM/ha	70,8 dt TM/ha	45,8 dt TM/ha	513,7 dt TM/ha
		Mittelwert	129,8 dt TM/ha	66,5 dt TM/ha	145,1 dt TM/ha	62,7 dt TM/ha	36,6 dt TM/ha	431,4 dt TM/ha
		Variation [%]	4,68	50,34	35,34	12,54	18,47	21,32
BW	Ettlingen	1.Anlage	134,2 dt TM/ha	43,0 dt TM/ha	159,6 dt TM/ha	42,1 dt TM/ha	69,1 dt TM/ha	447,9 dt TM/ha
		2.Anlage	127,8 dt TM/ha	30,3 dt TM/ha	241,2 dt TM/ha	63,0 dt TM/ha	55,8 dt TM/ha	518,1 dt TM/ha
		3.Anlage	199,0 dt TM/ha	44,4 dt TM/ha	148,9 dt TM/ha	50,6 dt TM/ha	40,4 dt TM/ha	483,3 dt TM/ha
		4.Anlage	149,2 dt TM/ha	40,4 dt TM/ha	209,8 dt TM/ha	65,8 dt TM/ha	32,4 dt TM/ha	497,6 dt TM/ha
		Mittelwert	152,6 dt TM/ha	39,5 dt TM/ha	189,9 dt TM/ha	55,4 dt TM/ha	49,4 dt TM/ha	486,7 dt TM/ha
		Variation [%]	21,14	16,06	22,81	19,92	32,98	6,07
SH	Lindenhof	3.Anlage	166,2 dt TM/ha	36,9 dt TM/ha	169,9 dt TM/ha	70,1 dt TM/ha **		443,1 dt TM/ha
		4.Anlage	138,1 dt TM/ha	48,7 dt TM/ha	154,9 dt TM/ha	88,3 dt TM/ha **		429,9 dt TM/ha
		Mittelwert	152,1 dt TM/ha	42,8 dt TM/ha	162,4 dt TM/ha	79,2 dt TM/ha **		436,5 dt TM/ha
		Variation [%]	13,07	19,39	6,56	16,25 **		2,15
Alle		1.Anlage	136,0 dt TM/ha	41,6 dt TM/ha	128,6 dt TM/ha	54,9 dt TM/ha	56,2 dt TM/ha	417,3 dt TM/ha
		2.Anlage	117,4 dt TM/ha	54,1 dt TM/ha	184,1 dt TM/ha	61,6 dt TM/ha	59,6 dt TM/ha	468,3 dt TM/ha
		3.Anlage	148,7 dt TM/ha	42,4 dt TM/ha	124,3 dt TM/ha	63,4 dt TM/ha	54,1 dt TM/ha	407,1 dt TM/ha
		4.Anlage	130,1 dt TM/ha	53,4 dt TM/ha	156,0 dt TM/ha	70,0 dt TM/ha	59,8 dt TM/ha	454,8 dt TM/ha
		Mittelwert Anlagen	133,1 dt TM/ha	47,9 dt TM/ha	148,3 dt TM/ha	62,5 dt TM/ha	57,4 dt TM/ha	436,9 dt TM/ha
		Mittel Variation*	20,13	30,18	27,28	19,35	19,97	13,46

FF 03			Mais (HF)	Grünschnitt- roggen (WZF)	Sorghum (ZF)	W.Triticale (GPS)	einj. Weidelgras	Σ Fruchtfolge
NI	Werlte	1.Anlage	162,8 dt TM/ha	38,8 dt TM/ha	88,6 dt TM/ha	83,2 dt TM/ha	52,6 dt TM/ha	426,0 dt TM/ha
		2.Anlage	145,6 dt TM/ha	54,9 dt TM/ha	112,0 dt TM/ha	97,5 dt TM/ha	39,9 dt TM/ha	449,9 dt TM/ha
		3.Anlage	200,2 dt TM/ha	64,7 dt TM/ha	191,4 dt TM/ha	94,6 dt TM/ha	45,0 dt TM/ha	595,9 dt TM/ha
		4.Anlage	181,9 dt TM/ha	55,9 dt TM/ha	104,0 dt TM/ha	140,3 dt TM/ha	36,0 dt TM/ha	518,2 dt TM/ha
		Mittelwert	172,6 dt TM/ha	53,6 dt TM/ha	124,0 dt TM/ha	103,9 dt TM/ha	43,4 dt TM/ha	497,5 dt TM/ha
		Variation [%]	13,67	20,19	37,06	24,13	16,49	15,35
MV	Gülzow	1.Anlage	213,2 dt TM/ha	52,0 dt TM/ha	143,4 dt TM/ha	145,9 dt TM/ha	34,1 dt TM/ha	588,6 dt TM/ha
		2.Anlage	202,1 dt TM/ha	62,1 dt TM/ha	126,1 dt TM/ha	126,3 dt TM/ha	13,9 dt TM/ha	530,4 dt TM/ha
		3.Anlage	179,1 dt TM/ha	79,8 dt TM/ha	104,9 dt TM/ha	110,0 dt TM/ha	12,0 dt TM/ha	485,9 dt TM/ha
		4.Anlage	192,9 dt TM/ha	76,0 dt TM/ha	123,0 dt TM/ha	127,7 dt TM/ha	6,6 dt TM/ha	526,2 dt TM/ha
		Mittelwert	196,8 dt TM/ha	67,5 dt TM/ha	124,4 dt TM/ha	127,5 dt TM/ha	16,7 dt TM/ha	532,8 dt TM/ha
		Variation [%]	7,33	19,05	12,68	11,52	72,26	7,93
BB	Güterfelde	1.Anlage	157,7 dt TM/ha	32,6 dt TM/ha	53,1 dt TM/ha	57,2 dt TM/ha	37,7 dt TM/ha	338,3 dt TM/ha
		2.Anlage	73,7 dt TM/ha	50,8 dt TM/ha	120,4 dt TM/ha	80,3 dt TM/ha	8,5 dt TM/ha	333,6 dt TM/ha
		3.Anlage	155,4 dt TM/ha	38,8 dt TM/ha	107,8 dt TM/ha	41,2 dt TM/ha	12,6 dt TM/ha	355,9 dt TM/ha
		4.Anlage	116,6 dt TM/ha	52,4 dt TM/ha	113,7 dt TM/ha	41,9 dt TM/ha	21,8 dt TM/ha	346,4 dt TM/ha
		Mittelwert	125,9 dt TM/ha	43,6 dt TM/ha	98,7 dt TM/ha	55,1 dt TM/ha	20,2 dt TM/ha	343,6 dt TM/ha
		Variation [%]	31,45	21,85	31,24	33,18	64,21	2,84
SN	Trossin	1.Anlage	230,6 dt TM/ha	14,2 dt TM/ha	92,1 dt TM/ha	58,4 dt TM/ha	34,9 dt TM/ha	430,2 dt TM/ha
		2.Anlage	105,7 dt TM/ha	36,9 dt TM/ha	126,9 dt TM/ha	90,5 dt TM/ha	16,2 dt TM/ha	376,3 dt TM/ha
		3.Anlage	145,4 dt TM/ha	52,8 dt TM/ha	112,6 dt TM/ha	46,0 dt TM/ha	26,0 dt TM/ha	382,8 dt TM/ha
		4.Anlage	104,5 dt TM/ha	32,0 dt TM/ha	86,0 dt TM/ha	73,9 dt TM/ha	6,7 dt TM/ha	303,1 dt TM/ha
		Mittelwert	146,6 dt TM/ha	34,0 dt TM/ha	104,4 dt TM/ha	67,2 dt TM/ha	20,9 dt TM/ha	373,1 dt TM/ha
		Variation [%]	40,37	46,78	18,05	28,68	58,25	14,07
ST	Bernburg	3.Anlage	212,8 dt TM/ha	25,2 dt TM/ha	115,5 dt TM/ha	168,4 dt TM/ha	17,3 dt TM/ha	539,1 dt TM/ha
		4.Anlage	227,3 dt TM/ha	70,3 dt TM/ha	115,7 dt TM/ha	184,1 dt TM/ha	0,0 dt TM/ha	597,5 dt TM/ha
		Mittelwert	220,0 dt TM/ha	47,8 dt TM/ha	115,6 dt TM/ha	176,3 dt TM/ha	8,7 dt TM/ha	568,3 dt TM/ha
		Variation [%]	4,68	66,81	0,12	6,32	141,42	7,26
TH	Dornburg	1.Anlage	163,5 dt TM/ha	57,6 dt TM/ha	83,9 dt TM/ha	147,3 dt TM/ha	35,6 dt TM/ha	487,9 dt TM/ha
		2.Anlage	119,2 dt TM/ha	64,7 dt TM/ha	165,6 dt TM/ha	123,8 dt TM/ha	9,6 dt TM/ha	482,8 dt TM/ha
		3.Anlage	182,1 dt TM/ha	20,5 dt TM/ha	43,2 dt TM/ha	171,7 dt TM/ha	36,8 dt TM/ha	454,4 dt TM/ha
		4.Anlage	137,5 dt TM/ha	48,9 dt TM/ha	18,4 dt TM/ha	159,0 dt TM/ha	37,1 dt TM/ha	401,0 dt TM/ha
		Mittelwert	150,6 dt TM/ha	47,9 dt TM/ha	77,8 dt TM/ha	150,4 dt TM/ha	29,8 dt TM/ha	456,5 dt TM/ha
		Variation [%]	18,45	40,45	82,85	13,55	45,30	8,73
BY	Ascha	1.Anlage	181,9 dt TM/ha	54,4 dt TM/ha	158,0 dt TM/ha	119,6 dt TM/ha	60,9 dt TM/ha	574,7 dt TM/ha
		2.Anlage	195,4 dt TM/ha	107,2 dt TM/ha	109,8 dt TM/ha	103,8 dt TM/ha	43,0 dt TM/ha	559,2 dt TM/ha
		3.Anlage	209,8 dt TM/ha	85,6 dt TM/ha	112,3 dt TM/ha	67,0 dt TM/ha	16,0 dt TM/ha	490,7 dt TM/ha
		4.Anlage	146,9 dt TM/ha	63,0 dt TM/ha	147,0 dt TM/ha	115,0 dt TM/ha	44,0 dt TM/ha	516,0 dt TM/ha
		Mittelwert	183,5 dt TM/ha	77,5 dt TM/ha	131,8 dt TM/ha	101,3 dt TM/ha	41,0 dt TM/ha	535,1 dt TM/ha
		Variation [%]	14,67	30,63	18,49	23,53	45,30	7,23
BW	Ettlingen	1.Anlage	232,4 dt TM/ha	56,6 dt TM/ha	117,2 dt TM/ha	20,6 dt TM/ha	53,1 dt TM/ha	479,8 dt TM/ha
		2.Anlage	178,3 dt TM/ha	35,1 dt TM/ha	139,1 dt TM/ha	121,1 dt TM/ha	11,9 dt TM/ha	485,7 dt TM/ha
		3.Anlage	232,0 dt TM/ha	55,1 dt TM/ha	142,6 dt TM/ha	84,4 dt TM/ha	27,2 dt TM/ha	541,3 dt TM/ha
		4.Anlage	199,7 dt TM/ha	43,8 dt TM/ha	106,3 dt TM/ha	97,8 dt TM/ha	44,0 dt TM/ha	491,5 dt TM/ha
		Mittelwert	210,6 dt TM/ha	47,6 dt TM/ha	126,3 dt TM/ha	81,0 dt TM/ha	34,0 dt TM/ha	499,6 dt TM/ha
		Variation [%]	12,54	21,22	13,82	53,11	53,58	5,65
SH	Lindenhof	3.Anlage	215,0 dt TM/ha	35,5 dt TM/ha	139,9 dt TM/ha	125,7 dt TM/ha	37,7 dt TM/ha	553,7 dt TM/ha
		4.Anlage	189,7 dt TM/ha	57,4 dt TM/ha	99,3 dt TM/ha	170,6 dt TM/ha	28,2 dt TM/ha	545,2 dt TM/ha
		Mittelwert	202,4 dt TM/ha	46,4 dt TM/ha	119,6 dt TM/ha	148,1 dt TM/ha	32,9 dt TM/ha	549,5 dt TM/ha
		Variation [%]	8,85	33,45	24,03	21,42	20,30	1,10
Alle		1.Anlage	191,7 dt TM/ha	43,7 dt TM/ha	105,2 dt TM/ha	90,3 dt TM/ha	44,1 dt TM/ha	475,1 dt TM/ha
		2.Anlage	145,7 dt TM/ha	58,8 dt TM/ha	128,6 dt TM/ha	106,2 dt TM/ha	20,4 dt TM/ha	459,7 dt TM/ha
		3.Anlage	192,4 dt TM/ha	50,9 dt TM/ha	118,9 dt TM/ha	101,0 dt TM/ha	25,6 dt TM/ha	488,8 dt TM/ha
		4.Anlage	166,4 dt TM/ha	55,5 dt TM/ha	101,5 dt TM/ha	123,4 dt TM/ha	24,9 dt TM/ha	471,7 dt TM/ha
		Mittelwert Anlagen	174,1 dt TM/ha	52,2 dt TM/ha	113,5 dt TM/ha	105,2 dt TM/ha	28,8 dt TM/ha	473,8 dt TM/ha
		Mittel Variation*	19,78	28,60	30,60	26,81	50,77	8,83

FF04/05			Hafersorten- mischung	W.Triticale (GPS)	W.Raps (Korn)	W.Raps (Stroh)	Σ Fruchtfolge
NI	Werlte	AI	112,0 dt TM/ha	102,7 dt TM/ha	23,5 dt TM/ha	25,8 dt TM/ha	264,0 dt TM/ha
		AII	66,6 dt TM/ha	68,0 dt TM/ha	15,5 dt TM/ha		150,1 dt TM/ha
		AIII	95,2 dt TM/ha	156,7 dt TM/ha	Vogelfraß		251,9 dt TM/ha
		AIV	70,1 dt TM/ha	104,1 dt TM/ha	Vogelfraß		174,2 dt TM/ha
		Mittelwert	86,0 dt TM/ha	107,9 dt TM/ha	13,0 dt TM/ha	6,5 dt TM/ha	210,0 dt TM/ha
		Variation [%]	25,04	33,91	*	*	*
MV	Gülzow	AI	96,0 dt TM/ha	111,3 dt TM/ha	50,4 dt TM/ha	77,4 dt TM/ha	335,1 dt TM/ha
		AII	93,3 dt TM/ha	123,5 dt TM/ha	51,7 dt TM/ha	47,0 dt TM/ha	315,5 dt TM/ha
		AIII	77,4 dt TM/ha	151,0 dt TM/ha	48,0 dt TM/ha	32,0 dt TM/ha	308,4 dt TM/ha
		AIV	88,6 dt TM/ha	111,0 dt TM/ha	48,2 dt TM/ha	58,1 dt TM/ha	305,8 dt TM/ha
		Mittelwert	88,8 dt TM/ha	124,2 dt TM/ha	49,6 dt TM/ha	53,6 dt TM/ha	316,2 dt TM/ha
		Variation [%]	9,25	15,13	3,61	35,66	4,19
BB	Güterfelde	AI	63,7 dt TM/ha	64,0 dt TM/ha	26,2 dt TM/ha	67,7 dt TM/ha	221,6 dt TM/ha
		AII	39,7 dt TM/ha	66,6 dt TM/ha	16,6 dt TM/ha	45,1 dt TM/ha	167,9 dt TM/ha
		AIII	89,2 dt TM/ha	92,9 dt TM/ha	11,7 dt TM/ha	35,6 dt TM/ha	229,5 dt TM/ha
		AIV	60,7 dt TM/ha	69,3 dt TM/ha	27,9 dt TM/ha	34,6 dt TM/ha	192,4 dt TM/ha
		Mittelwert	63,3 dt TM/ha	73,2 dt TM/ha	20,6 dt TM/ha	45,7 dt TM/ha	202,8 dt TM/ha
		Variation [%]	32,04	18,22	37,47	33,67	13,92
SN	Trossin	AI	43,2 dt TM/ha	82,9 dt TM/ha	25,7 dt TM/ha	21,8 dt TM/ha	173,5 dt TM/ha
		AII	63,4 dt TM/ha	64,4 dt TM/ha	34,6 dt TM/ha	45,8 dt TM/ha	208,1 dt TM/ha
		AIII	71,4 dt TM/ha	91,4 dt TM/ha	30,0 dt TM/ha	0,0 dt TM/ha	192,9 dt TM/ha
		AIV	41,2 dt TM/ha	37,0 dt TM/ha	26,8 dt TM/ha	0,0 dt TM/ha	105,0 dt TM/ha
		Mittelwert	54,8 dt TM/ha	68,9 dt TM/ha	29,3 dt TM/ha	16,9 dt TM/ha	169,9 dt TM/ha
		Variation [%]	27,27	34,95	13,55	129,17	26,78
ST	Bernburg	AIII	103,5 dt TM/ha	146,6 dt TM/ha	51,2 dt TM/ha	50,6 dt TM/ha	351,9 dt TM/ha
		AIV	111,0 dt TM/ha	158,5 dt TM/ha	47,9 dt TM/ha	46,9 dt TM/ha	364,3 dt TM/ha
		Mittelwert	107,3 dt TM/ha	152,6 dt TM/ha	49,6 dt TM/ha	48,7 dt TM/ha	358,1 dt TM/ha
		Variation [%]	4,94	5,52	4,70	5,43	2,44
TH	Dornburg	AI	98,1 dt TM/ha	136,9 dt TM/ha	30,3 dt TM/ha	38,8 dt TM/ha	304,0 dt TM/ha
		AII	90,2 dt TM/ha	134,0 dt TM/ha	51,4 dt TM/ha	48,3 dt TM/ha	324,0 dt TM/ha
		AIII	155,7 dt TM/ha	113,9 dt TM/ha	31,1 dt TM/ha	41,3 dt TM/ha	342,1 dt TM/ha
		AIV	136,7 dt TM/ha	206,7 dt TM/ha	32,6 dt TM/ha	8,9 dt TM/ha	384,9 dt TM/ha
		Mittelwert	120,2 dt TM/ha	147,9 dt TM/ha	36,4 dt TM/ha	34,3 dt TM/ha	338,7 dt TM/ha
		Variation [%]	25,96	27,40	27,70	50,79	10,17
BY	Ascha	AI	58,8 dt TM/ha	86,7 dt TM/ha		45,9 dt TM/ha	191,4 dt TM/ha
		AII	71,5 dt TM/ha	128,2 dt TM/ha	12,0 dt TM/ha	24,0 dt TM/ha	235,7 dt TM/ha
		AIII	87,1 dt TM/ha	111,0 dt TM/ha	13,0 dt TM/ha		211,1 dt TM/ha
		AIV	85,7 dt TM/ha	107,0 dt TM/ha	10,2 dt TM/ha	nicht Wiegbare	202,9 dt TM/ha
		Mittelwert	75,8 dt TM/ha	108,2 dt TM/ha	8,8 dt TM/ha	23,3 dt TM/ha	210,3 dt TM/ha
		Variation [%]	17,55	15,73	*	*	*
BW	Ettlingen	AI	85,6 dt TM/ha	125,1 dt TM/ha		42,4 dt TM/ha	253,1 dt TM/ha
		AII	76,6 dt TM/ha	123,9 dt TM/ha	12,3 dt TM/ha	38,1 dt TM/ha	250,8 dt TM/ha
		AIII	137,0 dt TM/ha	123,6 dt TM/ha	12,6 dt TM/ha	35,2 dt TM/ha	308,4 dt TM/ha
		AIV	82,9 dt TM/ha	103,3 dt TM/ha	22,6 dt TM/ha	44,5 dt TM/ha	253,2 dt TM/ha
		Mittelwert	95,5 dt TM/ha	119,0 dt TM/ha	11,9 dt TM/ha	40,0 dt TM/ha	266,4 dt TM/ha
		Variation [%]	29,23	8,81	*	10,49	10,53
Alle		AI	79,6 dt TM/ha	101,4 dt TM/ha	22,3 dt TM/ha	45,7 dt TM/ha	249,0 dt TM/ha
		AII	71,6 dt TM/ha	101,2 dt TM/ha	27,7 dt TM/ha	35,5 dt TM/ha	236,0 dt TM/ha
		AIII	102,1 dt TM/ha	123,4 dt TM/ha	24,7 dt TM/ha	24,3 dt TM/ha	274,5 dt TM/ha
		AIV	84,6 dt TM/ha	112,1 dt TM/ha	30,9 dt TM/ha	27,6 dt TM/ha	247,8 dt TM/ha
		Mittelwert	84,5 dt TM/ha	109,5 dt TM/ha	26,4 dt TM/ha	33,3 dt TM/ha	251,8 dt TM/ha
		Mittel Variation*	23,76	22,02	45,72	79,75	14,48

FF05/FF 04			S.Gerste oder S.Roggen	Ackerfutter- mischung US	Ackerfutter- mischung 1.HNJ	Ackerfutter- mischung 2.HNJ	Σ Fruchtfolge
NI	Werlte	AI	83,2 dt TM/ha	40,6 dt TM/ha	109,1 dt TM/ha	96,5 dt TM/ha	329,4 dt TM/ha
		AII	90,9 dt TM/ha		126,8 dt TM/ha	128,7 dt TM/ha	346,4 dt TM/ha
		AIII	87,9 dt TM/ha	34,6 dt TM/ha	130,0 dt TM/ha	108,6 dt TM/ha	361,2 dt TM/ha
		AIV	66,7 dt TM/ha		132,7 dt TM/ha	121,7 dt TM/ha	321,2 dt TM/ha
		Mittelwert	82,2 dt TM/ha		124,7 dt TM/ha	113,9 dt TM/ha	339,5 dt TM/ha
		Variation [%]	13,13	*	8,54	12,53	*
MV	Gülzow	AI	99,8 dt TM/ha		81,6 dt TM/ha	79,5 dt TM/ha	260,9 dt TM/ha
		AII	118,0 dt TM/ha		115,0 dt TM/ha	53,5 dt TM/ha	286,5 dt TM/ha
		AIII	81,0 dt TM/ha		66,3 dt TM/ha	75,0 dt TM/ha	222,3 dt TM/ha
		AIV	85,2 dt TM/ha	32,1 dt TM/ha	90,0 dt TM/ha	52,0 dt TM/ha	259,4 dt TM/ha
		Mittelwert	96,0 dt TM/ha		88,2 dt TM/ha	65,0 dt TM/ha	257,3 dt TM/ha
		Variation [%]	17,42	*	23,09	21,95	*
BB	Güterfelde	AI	62,4 dt TM/ha		45,7 dt TM/ha	82,0 dt TM/ha	190,1 dt TM/ha
		AII	43,1 dt TM/ha		114,4 dt TM/ha	98,2 dt TM/ha	255,7 dt TM/ha
		AIII	60,3 dt TM/ha		70,0 dt TM/ha	41,2 dt TM/ha	171,5 dt TM/ha
		AIV	56,5 dt TM/ha	13,0 dt TM/ha	86,7 dt TM/ha	107,6 dt TM/ha	263,7 dt TM/ha
		Mittelwert	55,6 dt TM/ha	3,2 dt TM/ha	79,2 dt TM/ha	82,3 dt TM/ha	220,2 dt TM/ha
		Variation [%]	15,63	*	36,50	35,66	*
SN	Trossin	AI	48,3 dt TM/ha		75,6 dt TM/ha	129,7 dt TM/ha	253,6 dt TM/ha
		AII	61,4 dt TM/ha		97,3 dt TM/ha	108,5 dt TM/ha	267,2 dt TM/ha
		AIII	53,9 dt TM/ha		61,0 dt TM/ha	81,0 dt TM/ha	195,9 dt TM/ha
		AIV	52,6 dt TM/ha	23,6 dt TM/ha	92,8 dt TM/ha	115,1 dt TM/ha	284,1 dt TM/ha
		Mittelwert	54,0 dt TM/ha		81,7 dt TM/ha	106,1 dt TM/ha	247,7 dt TM/ha
		Variation [%]	10,08	*	20,40	18,79	*
ST	Bernburg	AIII	106,0 dt TM/ha		116,8 dt TM/ha	126,8 dt TM/ha	349,6 dt TM/ha
		AIV	106,1 dt TM/ha	18,3 dt TM/ha	144,2 dt TM/ha	108,6 dt TM/ha	377,2 dt TM/ha
		Mittelwert	106,1 dt TM/ha		130,5 dt TM/ha	117,7 dt TM/ha	363,4 dt TM/ha
		Variation [%]	0,07	*	14,85	10,92	*
TH	Dornburg	AI	79,0 dt TM/ha		84,0 dt TM/ha	127,3 dt TM/ha	290,3 dt TM/ha
		AII	131,5 dt TM/ha		170,5 dt TM/ha	147,5 dt TM/ha	449,4 dt TM/ha
		AIII	123,0 dt TM/ha	14,3 dt TM/ha	194,4 dt TM/ha	200,3 dt TM/ha	532,0 dt TM/ha
		AIV	117,0 dt TM/ha		209,5 dt TM/ha	141,8 dt TM/ha	468,2 dt TM/ha
		Mittelwert	112,6 dt TM/ha		164,6 dt TM/ha	154,2 dt TM/ha	435,0 dt TM/ha
		Variation [%]	20,59	*	34,07	20,66	*
BY	Ascha	AI	53,4 dt TM/ha	48,9 dt TM/ha	137,0 dt TM/ha	145,6 dt TM/ha	385,0 dt TM/ha
		AII	110,5 dt TM/ha		128,8 dt TM/ha	106,0 dt TM/ha	345,3 dt TM/ha
		AIII	77,2 dt TM/ha	40,6 dt TM/ha	146,2 dt TM/ha	154,0 dt TM/ha	418,0 dt TM/ha
		AIV	100,0 dt TM/ha	36,1 dt TM/ha	155,0 dt TM/ha	119,2 dt TM/ha	410,3 dt TM/ha
		Mittelwert	85,3 dt TM/ha		141,8 dt TM/ha	131,2 dt TM/ha	389,6 dt TM/ha
		Variation [%]	29,74	*	7,99	17,08	*
BW	Ettlingen	AI	85,7 dt TM/ha		126,8 dt TM/ha	117,4 dt TM/ha	329,9 dt TM/ha
		AII	79,1 dt TM/ha		79,9 dt TM/ha	173,2 dt TM/ha	332,2 dt TM/ha
		AIII	112,2 dt TM/ha	12,7 dt TM/ha	123,4 dt TM/ha	153,7 dt TM/ha	402,0 dt TM/ha
		AIV	62,3 dt TM/ha	13,6 dt TM/ha	153,1 dt TM/ha	129,4 dt TM/ha	358,4 dt TM/ha
		Mittelwert	84,8 dt TM/ha		120,8 dt TM/ha	143,4 dt TM/ha	355,6 dt TM/ha
		Variation [%]	24,46	*	25,12	17,39	*
Alle		AI	73,1 dt TM/ha	12,8 dt TM/ha	94,3 dt TM/ha	111,1 dt TM/ha	291,3 dt TM/ha
		AII	90,6 dt TM/ha		119,0 dt TM/ha	116,5 dt TM/ha	326,1 dt TM/ha
		AIII	87,7 dt TM/ha	12,8 dt TM/ha	113,5 dt TM/ha	117,6 dt TM/ha	331,6 dt TM/ha
		AIV	80,8 dt TM/ha	17,1 dt TM/ha	133,0 dt TM/ha	111,9 dt TM/ha	342,8 dt TM/ha
		Mittelwert	83,1 dt TM/ha		114,9 dt TM/ha	114,3 dt TM/ha	322,9 dt TM/ha
		Mittel Variation*	18,72	*	22,24	20,58	*

Anhang 1b : Übersicht der regionalspezifischen Fruchtfolgen

	Gülzow (MV)			Güterfelde (BB)			
	Fruchtfolge 06	Fruchtfolge 07	Fruchtfolge 08	Fruchtfolge 06	Fruchtfolge 07	Fruchtfolge 08	Fruchtfolge 09
2009 / 2010	Mais	Mais	Artenmischung W.Roggen, W.Triticale	W.Roggen	Sonnenblume	Sorghum b.x. b.	Mais
2010 / 2011	Gerstgras	W.Roggen (WZwF)/ Ackergras	W.Raps	Mais	Körnererbse	W.Roggen	W.Roggen
2011 / 2012	W.Raps	Ackergras	W.Weizen	Sorghum b.x. s.	Mais	W.Roggen (WZwF)/ Mais (ZF)	W.Roggen (WZwF)/ Sorghum (ZF)
2012 / 2013	W.Weizen	W.Weizen	W.Weizen	W.Roggen	W.Roggen	W.Roggen	W.Roggen

fett = Ganzpflanzennutzung als Silage nicht fett = Marktfruchtproduktion

StS-Stoppelsaat, WZw F-Winterzw ischenfrucht, ZF-Zw eitfrucht, US-Untersaat, HNJ-Hauptnutzungsjahr

	Trossin (SN)			Ettlingen (BW)			
	Fruchtfolge 06	Fruchtfolge 07	Fruchtfolge 08	Fruchtfolge 06	Fruchtfolge 07	Fruchtfolge 08	Fruchtfolge 09
2009 / 2010	W.Gerste	Mais	W.Gerste (WZwF)/ Senf (StS)	Sorghum	Sonnenblume	Mais	Mais
2010 / 2011	W.Raps	W.Roggen(WZwF)/ Sorghum (ZF)	Sonnenblume/ Phacelia (StS)	W.Gerste (WZwF)/ Sorghum (ZF)	W.Triticale (WZwF)/ Sorghum (ZF)	W.Roggen (WZwF)/ Mais (ZF)	W.Gerste (WZwF)/ Sorghum (ZF)
2011 / 2012	Landb. Gemenge (WZw F) Sorghum (ZF)	Kartoffeln (Knolle)	Zuckerrübe	W.Raps (WZwF)/ Mais (ZF)	Zuckerrübe	Mais	Mais
2012 / 2013	W.Roggen	W.Roggen	W.Roggen	W.Weizen	W.Weizen	W.Weizen	W.Weizen

fett = Ganzpflanzennutzung als Silage nicht fett = Marktfruchtproduktion

StS-Stoppelsaat, WZw F-Winterzw ischenfrucht, ZF-Zw eitfrucht, US-Untersaat, HNJ-Hauptnutzungsjahr

	Werthe (NI)			Bernburg (ST)			
	Fruchtfolge 06	Fruchtfolge 07	Fruchtfolge 08	Fruchtfolge 06	Fruchtfolge 07	Fruchtfolge 08	Fruchtfolge 09
2009 / 2010	W.Raps (WZwF)/ Mais (ZF)	Mais	Körnermais	Mais	W.Roggen (WZwF)/ Mais (ZF)	Sorghum	W.Roggen(WZw F)/ Sorghum (ZF)
2010 / 2011	W.Raps (WZwF)/ Mais (ZF)	W.Triticale	W.Weizen	Mais	W.Roggen (WZwF)/ Mais (ZF)	Sorghum	W.Roggen(WZw F)/ Sorghum (ZF)
2011 / 2012	W.Raps (WZwF)/ Mais (ZF)	W.Gerste	W.Gerste	Mais	W.Roggen (WZwF)/ Mais (ZF)	Sorghum	W.Roggen(WZw F)/ Sorghum (ZF)
2012 / 2013	W.Weizen	W.Weizen	W.Weizen	W.Weizen	W.Weizen	W.Weizen	W.Weizen

fett = Ganzpflanzennutzung als Silage nicht fett = Marktfruchtproduktion

StS-Stoppelsaat, WZw F-Winterzw ischenfrucht, ZF-Zw eitfrucht, US-Untersaat, HNJ-Hauptnutzungsjahr

	Dornburg (TH)			Ascha (BY)		
	Fruchtfolge 06	Fruchtfolge 07	Fruchtfolge 08	Fruchtfolge 06	Fruchtfolge 07	Fruchtfolge 08
2009 / 2010	Hafer	Mais	Topinambur	Bastardweidelgras (WZwF)/ Silomais	W.Gerste, W.Rübsen (WZwF)/ CCM-Mais	Wickroggen (Wzwf)/ Körnermais
2010 / 2011	Artenmischung W.Triticale, W.Weizen	Mais	Topinambur	W.Roggen (WZwF)/ Silomais	W.Weizen	Weisches Weidelgras
2011 / 2012	W.Raps	Mais	Topinambur	Wickroggen (WZwF)/ Sorghum (StS)	W.Raps (WZwF)/ Sorghum (StS)	W.Weizen/ Erbsen (StS)
2012 / 2013	W.Weizen	W.Weizen	W.Weizen	W.Weizen	W.Weizen	W.Weizen

fett = Ganzpflanzennutzung als Silage nicht fett = Marktfruchtproduktion

StS-Stoppelsaat, WZw F-Winterzw ischenfrucht, ZF-Zw eitfrucht, US-Untersaat, HNJ-Hauptnutzungsjahr

Anhang 1c: Erträge des Abschluss-FFG W.Weizen (Güterfelde, Trossin: W.Roggen) je Fruchtfolge und Versuchsanlage in dt/ha, normiert auf Standardrockensubstanz 86%

Kornertag bei normierten 14 % Restfeuchte							Ertrag relativ zum Standortmittel [%]				
1.Anlage	FF01	FF02	FF03	FF04/05	FF05/04	MW	FF01	FF02	FF03	FF04/05	FF05/04
Ascha	61,4 dt/ha	53,0 dt/ha	64,7 dt/ha	65,6 dt/ha	74,9 dt/ha	63,9 dt/ha	96	83	101	103	117
Bernburg											
Dornburg	90,9 dt/ha	80,3 dt/ha	102,3 dt/ha	87,8 dt/ha	114,6 dt/ha	95,2 dt/ha	96	84	108	92	120
Ettlingen	40,2 dt/ha	49,6 dt/ha	48,9 dt/ha	52,6 dt/ha	49,3 dt/ha	48,1 dt/ha	83	103	102	109	102
Gülzow	98,9 dt/ha	79,6 dt/ha	107,6 dt/ha	113,9 dt/ha	108,6 dt/ha	101,7 dt/ha	97	78	106	112	107
Güterfelde	48,4 dt/ha	51,7 dt/ha	43,3 dt/ha	50,0 dt/ha	57,3 dt/ha	50,1 dt/ha	97	103	86	100	114
Trossin	52,9 dt/ha	55,8 dt/ha	54,9 dt/ha	53,4 dt/ha	56,7 dt/ha	54,7 dt/ha	97	102	100	98	104
Werlte	62,7 dt/ha	52,1 dt/ha	63,4 dt/ha	62,6 dt/ha	63,2 dt/ha	60,8 dt/ha	103	86	104	103	104
MW	65,0 dt/ha	60,3 dt/ha	69,3 dt/ha	69,4 dt/ha	74,9 dt/ha						
Relativ	96	89	102	102	110						
Max							103	103	108	112	120
Min							83	78	86	92	102
2.Anlage	FF01	FF02	FF03	FF04/05	FF05/04	MW	FF01	FF02	FF03	FF04/05	FF05/04
Ascha	69,1 dt/ha	61,7 dt/ha	67,0 dt/ha	66,1 dt/ha	72,4 dt/ha	67,3 dt/ha	103	92	100	98	108
Bernburg											
Dornburg	69,7 dt/ha	71,8 dt/ha	67,8 dt/ha	70,2 dt/ha	70,1 dt/ha	69,9 dt/ha	100	103	97	100	100
Ettlingen	76,5 dt/ha	77,3 dt/ha	72,1 dt/ha	91,4 dt/ha	85,2 dt/ha	80,5 dt/ha	95	96	90	114	106
Gülzow	103,1 dt/ha	99,4 dt/ha	95,4 dt/ha	96,2 dt/ha	99,4 dt/ha	98,7 dt/ha	104	101	97	98	101
Güterfelde	64,5 dt/ha	58,4 dt/ha	61,4 dt/ha	57,2 dt/ha	68,2 dt/ha	61,9 dt/ha	104	94	99	92	110
Trossin	71,6 dt/ha	77,0 dt/ha	78,8 dt/ha	68,0 dt/ha	74,6 dt/ha	74,0 dt/ha	97	104	107	92	101
Werlte	84,0 dt/ha	88,6 dt/ha	90,1 dt/ha	88,8 dt/ha	90,1 dt/ha	88,3 dt/ha	95	100	102	101	102
MW	77,0 dt/ha	76,3 dt/ha	76,1 dt/ha	76,8 dt/ha	80,0 dt/ha						
Relativ	100	99	99	99	104						
Max							104	104	107	114	110
Min							95	92	90	92	100
3.Anlage	FF01	FF02	FF03	FF04/05	FF05/04	MW	FF01	FF02	FF03	FF04/05	FF05/04
Ascha	92,9 dt/ha	76,1 dt/ha	89,2 dt/ha	85,2 dt/ha	96,6 dt/ha	88,0 dt/ha	106	87	101	97	110
Bernburg	92,6 dt/ha	92,7 dt/ha	94,8 dt/ha	97,7 dt/ha	93,5 dt/ha	94,2 dt/ha	98	98	101	104	99
Dornburg	88,8 dt/ha	78,6 dt/ha	85,3 dt/ha	92,3 dt/ha	97,2 dt/ha	88,4 dt/ha	100	89	96	104	110
Ettlingen	70,6 dt/ha	79,1 dt/ha	77,1 dt/ha	80,2 dt/ha	81,6 dt/ha	77,7 dt/ha	91	102	99	103	105
Gülzow	104,2 dt/ha	89,9 dt/ha	103,8 dt/ha	101,2 dt/ha	107,7 dt/ha	101,4 dt/ha	103	89	102	100	106
Güterfelde	69,0 dt/ha	69,1 dt/ha	62,9 dt/ha	73,7 dt/ha	76,0 dt/ha	70,1 dt/ha	98	99	90	105	108
Trossin	69,7 dt/ha	72,9 dt/ha	68,7 dt/ha	67,0 dt/ha	74,2 dt/ha	70,5 dt/ha	99	103	97	95	105
Werlte	93,9 dt/ha	93,5 dt/ha	93,2 dt/ha	80,2 dt/ha	94,6 dt/ha	91,1 dt/ha	103	103	102	88	104
MW	85,2 dt/ha	81,5 dt/ha	84,4 dt/ha	84,7 dt/ha	90,2 dt/ha						
Relativ	100	96	99	99	106						
Max							106	103	102	105	110
Min							91	87	90	88	99
4.Anlage	FF01	FF02	FF03	FF04/05	FF05/04	MW	FF01	FF02	FF03	FF04/05	FF05/04
Ascha	78,5 dt/ha	65,2 dt/ha	72,7 dt/ha	65,8 dt/ha	78,7 dt/ha	72,2 dt/ha	109	90	101	91	109
Bernburg	91,1 dt/ha	91,7 dt/ha	92,0 dt/ha	92,8 dt/ha	95,2 dt/ha	92,6 dt/ha	98	99	99	100	103
Dornburg	72,9 dt/ha	76,4 dt/ha	64,2 dt/ha	80,1 dt/ha	82,3 dt/ha	75,2 dt/ha	97	102	85	107	109
Ettlingen	95,0 dt/ha	85,6 dt/ha	99,6 dt/ha	96,7 dt/ha	97,1 dt/ha	94,8 dt/ha	100	90	105	102	102
Gülzow	87,3 dt/ha	85,4 dt/ha	87,1 dt/ha	90,9 dt/ha	92,8 dt/ha	88,7 dt/ha	98	96	98	102	105
Güterfelde	80,7 dt/ha	81,6 dt/ha	85,5 dt/ha	81,5 dt/ha	89,3 dt/ha	83,7 dt/ha	96	98	102	97	107
Trossin	56,5 dt/ha	59,9 dt/ha	60,4 dt/ha	49,6 dt/ha	58,9 dt/ha	57,0 dt/ha	99	105	106	87	103
Werlte	77,4 dt/ha	69,5 dt/ha	74,5 dt/ha	69,4 dt/ha	80,2 dt/ha	74,2 dt/ha	104	94	100	94	108
MW	79,9 dt/ha	76,9 dt/ha	79,5 dt/ha	78,3 dt/ha	84,3 dt/ha						
Relativ	100	96	100	98	106						
Max							109	105	106	107	109
Min							96	90	85	87	102

Anhang 1d: Übersichten zu Temperatur und Niederschlag an den Versuchsstandorten; 2008-2013; farblich skalierte Darstellung mit Vergleich zum Mittel der Jahre 2005-2013

		Niederschlagssummen [mm]																								
		2008												2009												
	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez		
Ascha	49	48	127	88	42	111	95	84	71	54	45	59	19	56	109	85	137	62	139	41	56	67	95	90	Ascha	
Bernburg	53	14	34	84	11	41	77	39	55	44	11	25	26	37	44	16	90	34	61	20	26	65	50	70	Bernburg	
Dornburg	25	19	43	94	16	66	53	66	59	54	18	36	8	36	44	68	71	45	84	25	63	55	76	77	Dornburg	
Ettlingen	48	50	100	97	48	83	68	83	61	152	46	73	37	85	85	51	74	59	134	55	19	73	100	19	Ettlingen	
Gülzow	57	28	77	46	13	40	36	63	19	59	48	50	19	32	49	11	81	64	82	30	25	81	84	18	Gülzow	
Güterfelde	69	13	41	46	8	29	43	53	57	60	26	22	18	38	31	1	81	52	60	19	32	67	42	57	Güterfelde	
Trossin	76	29	62	112	8	38	71	56	70	58	12	36	16	39	48	10	52	76	77	37	40	52	65	84	Trossin	
Werite	144	47	104	40	12	44	98	94	38	83	71	18	36	56	39	85	12	55	85	103	23	32	67	98	54	Werite
Abweichung der Niederschlagssummen [mm] vom Mittel 2005 - 2013 je Standort; Farbliche Skalierung entsprechend der Abweichungen, rot = trockener als Mittel, blau = feuchter als Mittel																										
Ascha	-25	-12	62	37	-70	17	-1	-18	11	10	-13	-17	-56	-5	44	33	25	-32	43	-61	-4	22	37	13	Ascha	
Bernburg	15	-13	4	55	-62	-9	-3	-16	-9	12	-33	-12	-12	11	14	-12	17	-17	-19	-34	-39	32	7	33	Bernburg	
Dornburg	-4	-3	13	58	-63	-1	-26	-7	-4	16	-23	-1	-21	14	14	32	-8	-22	5	-48	1	18	35	40	Dornburg	
Ettlingen	2	-6	49	47	-34	7	-6	-11	11	70	-18	-3	9	29	34	1	-8	-17	59	-39	-32	-9	36	-57	Ettlingen	
Gülzow	-7	-2	43	24	-48	-23	-36	-29	-31	10	1	8	-45	2	15	-10	20	1	10	-62	-24	32	37	-24	Gülzow	
Güterfelde	21	-17	14	25	-52	-14	-38	-3	7	24	-13	-20	-29	8	3	-20	22	9	-20	-37	-18	31	3	15	Güterfelde	
Trossin	24	-8	25	79	-53	-17	-17	-5	9	29	-37	-11	-36	3	11	-24	-9	21	-11	-23	-22	15	38		Trossin	
Werite	71	-1	46	10	-50	-16	12	19	-16	24	1	-54	-37	8	27	-18	-7	25	17	-52	-22	8	28	-18	Werite	

		Durchschnittstemperaturen [°C]																									
		2008												2009													
		Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez		
Ascha	0,5	2,1	3,7	8,2	15,0	17,5	17,9	17,4	12,2	8,1	3,8	0,3	-4,4	-1,0	3,5	12,3	13,9	15,6	18,1	18,7	15,0	7,5	5,4	-0,5		Ascha	
Bernburg	4,5	4,4	5,0	8,4	14,9	17,9	19,2	18,7	13,4	9,8	5,7	1,6	-1,3	1,6	5,7	12,7	14,9	15,9	19,9	20,7	16,3	9,1	8,9	1,1		Bernburg	
Dornburg	4,1	3,4	4,3	7,4	14,2	17,1	18,4	17,9	11,8	8,9	4,7	0,3	-3,4	0,2	4,1	11,6	13,5	14,3	17,9	19,2	14,3	7,6	7,5	-0,3		Dornburg	
Ettlingen	4,3	5,2	6,6	8,8	16,1	17,9	18,9	18,1	12,8	9,9	5,8	1,6	-2,2	1,6	5,5	12,3	15,3	16,9	19,0	19,7	15,5	9,6	8,0	2,1		Ettlingen	
Gülzow	3,8	4,5	5,5	7,9	13,7	17,0	18,9	17,9	13,5	9,8	6,1	2,4	-0,5	0,7	5,0	11,8	13,2	14,7	18,9	19,1	15,2	7,9	7,4	0,2		Gülzow	
Güterfelde	4,2	5,1	5,2	9,0	16,2	19,2	20,0	19,1	14,1	9,9	6,1	2,2	-1,9	1,4	5,8	13,3	14,9	16,4	20,0	20,4	15,9	8,5	8,0	0,4		Güterfelde	
Trossin	3,4	4,0	4,5	8,5	16,3	19,8	20,2	19,3	13,6	8,6	4,8	1,5	-2,7	0,9	5,2	12,2	14,9	16,4	19,5	19,3	15,0	7,8	7,2	-0,2		Trossin	
Werlte	5,3	4,4	4,9	8,1	15,2	16,7	18,1	17,2	13,4	9,7	6,3	1,8	0,4	2,5	5,5	12,6	13,3	14,9	17,8	18,4	14,6	9,1	9,0	1,5		Werlte	
Abweichung der Temperaturen [°C] vom Mittel 2005 -2013 je Standort; Farbliche Skalierung entsprechend der Abweichungen, rot = wärmer als Mittel, oliv = kälter als Mittel																											
Ascha	1,9	3,1	-0,1	-1,6	1,3	0,5	-0,5	0,3	-1,5	-0,3	0,1	0,7	-3,0	0,0	-0,3	2,5	0,2	-1,4	-0,3	1,6	1,3	-0,9	1,7	-0,1		Ascha	
Bernburg	3,4	3,5	-0,3	-1,9	0,9	0,8	-0,4	0,4	-1,9	-0,2	-0,2	-0,1	-2,3	0,7	0,5	2,4	0,9	-1,2	0,3	2,3	1,0	-1,0	3,1	-0,6		Bernburg	
Dornburg	3,8	3,2	-0,2	-2,1	0,7	0,7	-0,4	0,5	-2,1	-0,1	-0,3	-0,6	-3,7	0,0	-0,4	2,1	0,0	-2,1	-0,8	1,7	0,3	-1,5	2,5	-1,1		Dornburg	
Ettlingen	2,6	2,9	0,4	-2,2	1,1	-0,2	-0,8	-0,4	-2,2	-0,3	-0,2	-0,7	-4,0	-0,6	-0,7	1,2	0,3	-1,2	-0,7	1,2	0,5	-0,5	2,0	-0,2		Ettlingen	
Gülzow	2,8	3,6	0,1	-1,4	0,6	0,6	-0,2	0,2	-1,2	0,0	0,5	0,7	-1,5	-0,2	0,6	2,5	0,2	-1,6	-0,2	1,4	0,6	-1,8	1,8	-1,4		Gülzow	
Güterfelde	3,5	4,1	0,1	-1,6	1,5	1,2	-0,2	0,4	-1,2	0,1	0,5	0,5	-2,7	0,3	0,6	2,7	0,2	-1,6	-0,3	1,7	0,7	-1,3	2,3	-1,2		Güterfelde	
Trossin	3,2	3,7	-0,1	-1,6	1,6	1,5	-0,3	0,8	-1,2	-0,8	-0,4	0,3	-2,9	0,6	0,6	2,2	0,1	-1,9	-1,0	0,8	0,3	-1,6	1,9	-1,4		Trossin	
Werlte	3,0	2,3	-0,4	-2,1	1,9	0,7	-0,1	0,2	-1,0	-0,7	-0,2	-0,9	-1,9	0,4	0,1	2,4	0,0	-1,1	-0,4	1,4	0,1	-1,2	2,5	-1,2		Werlte	

	Niederschlagssummen [mm]																								
	2010												2011												
	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	
Ascha	43	20	49	15	156	78	57	153	52	18	59	95	77	27	30	20	72	101	118	121	53	73	1	108	Ascha
Bernburg	34	27	34	13	142	28	62	118	95	26	107	62	40	14	10	23	22	82	133	54	85	21	0	32	Bernburg
Dornburg	20	19	37	19	101	20	108	146	59	14	80	49	25	12	12	22	31	117	153	68	72	37	0	38	Dornburg
Ettlingen	24	90	26	25	112	40	86	198	47	45	102	105	69	16	19	25	28	99	79	116	34	52	2	177	Ettlingen
Gülzow	205	32	38	14	75	33	55	148	77	34	102	25	37	26	12	17	36	82	198	118	26	29	3	74	Gülzow
Güterfelde	40	27	39	11	60	8	27	85	104	17	81	48	33	18	8	34	14	31	158	65	62	34	1	67	Güterfelde
Trossin	10	16	42	17	97	20	53	145	120	15	81	22	48	12	9	26	26	52	146	49	79	29	1	30	Trossin
Werite	25	48	76	23	43	27	71	118	84	62	92	33	59	43	16	13	42	117	59	122	53	45	0	121	Werite
Abweichung der Niederschlagssummen [mm] vom Mittel 2005 - 2013 je Standort; Farbliche Skalierung entsprechend der Abweichungen, rot = trockener als Mittel, blau = feuchter als Mittel																									
Ascha	-32	-40	-16	-36	44	-16	-39	51	-8	-27	1	18	3	-34	-35	-32	-41	7	22	19	-7	28	-57	32	Ascha
Bernburg	-4	1	4	-15	69	-23	-18	63	31	-6	63	25	2	-12	-20	-6	-51	32	53	0	21	-11	-44	-5	Bernburg
Dornburg	-9	-2	7	-17	21	-47	29	73	-4	-24	39	12	-4	-10	-18	-14	-49	50	74	-5	9	-1	-41	1	Dornburg
Ettlingen	-22	34	-25	-25	30	-36	11	104	-3	-36	38	29	23	-40	-32	-25	-54	23	4	22	-16	-30	-62	100	Ettlingen
Gülzow	141	2	4	-7	15	-30	-16	56	27	-15	54	-16	-27	-4	-22	-5	-25	19	127	26	-23	-20	-44	33	Gülzow
Güterfelde	-7	-4	11	-10	0	-35	-54	29	55	-19	42	6	-15	-12	-19	13	-46	-11	78	9	12	-2	-38	25	Güterfelde
Trossin	-42	-21	5	-16	36	-35	-35	85	59	-15	32	-24	-4	-25	-27	-7	-35	-3	58	-11	18	-1	-48	-16	Trossin
Werite	-48	0	18	-7	-19	-33	-15	42	30	3	22	-38	-14	-5	-42	-17	-20	57	-27	47	-1	-14	-70	49	Werite

	Durchschnittstemperaturen [°C]																								
	2010												2011												
	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	
Ascha	-3,5	-1,4	3,3	8,7	11,7	17,0	20,1	16,5	11,6	7,2	4,7	-4,3	-0,8	-0,8	4,9	11,4	14,1	17,0	16,0	18,2	14,8	8,1	2,4	2,0	Ascha
Bernburg	-5,0	-1,0	4,9	9,3	10,9	17,1	21,3	17,7	13,3	8,7	5,0	-4,4	1,5	0,7	5,1	12,6	14,7	17,7	17,2	18,8	16,3	10,2	4,0	4,6	Bernburg
Dornburg	-4,4	0,1	4,7	8,6	10,5	16,8	20,8	16,7	12,4	7,9	4,4	-4,8	1,1	1,0	4,6	11,6	14,3	17,0	16,6	18,2	15,4	9,2	3,4	3,8	Dornburg
Ettlingen	-1,3	2,2	5,4	10,6	12,0	18,0	21,1	17,5	13,5	8,5	6,5	-1,5	2,3	3,4	7,0	13,0	15,6	17,7	16,8	19,0	16,3	9,9	4,9	5,3	Ettlingen
Gülzow	-4,4	-0,7	4,6	8,3	10,3	16,3	21,7	17,6	13,2	8,8	4,7	-4,3	1,4	0,4	4,0	11,5	13,8	17,2	17,3	17,6	15,4	10,0	4,6	4,2	Gülzow
Güterfelde	-4,3	0,3	5,5	9,9	12,2	18,7	23,4	19,2	13,8	8,4	5,6	-4,0	1,8	0,5	5,4	13,2	15,7	19,4	18,5	19,4	16,5	10,5	4,2	4,6	Güterfelde
Trossin	-5,1	-1,0	4,4	9,0	11,6	18,4	22,5	18,1	12,8	7,7	5,0	-5,0	1,6	-0,2	4,6	11,6	14,9	19,2	17,4	18,9	14,9	9,6	4,0	4,6	Trossin
Werlte	-2,4	-0,1	5,5	9,4	10,2	16,1	20,4	16,7	12,9	9,6	5,1	-3,0	2,4	2,8	5,1	12,6	14,1	16,3	15,9	17,0	15,1	10,5	5,7	5,3	Werlte
Abweichung der Temperaturen [°C] vom Mittel 2005 - 2013 je Standort; Farbliche Skalierung entsprechend der Abweichungen, rot = wärmer als Mittel, oliv = kälter als Mittel																									
Ascha	-2,1	-0,4	-0,4	-1,1	-2,0	-0,1	1,7	-0,5	-2,2	-1,2	1,0	-3,9	0,6	0,2	1,2	1,6	0,4	-0,1	-2,5	1,1	1,1	-0,3	-1,3	2,4	Ascha
Bernburg	-6,0	-2,0	-0,3	-1,0	-3,1	0,0	1,7	-0,6	-2,0	-1,3	-0,8	-6,1	0,5	-0,3	-0,1	2,3	0,7	0,6	-2,4	0,5	1,0	0,2	-1,8	2,9	Bernburg
Dornburg	-4,7	-0,2	0,2	-0,9	-3,0	0,4	2,0	-0,7	-1,6	-1,1	-0,5	-5,7	0,8	0,8	0,2	2,1	0,8	0,6	-2,2	0,7	1,4	0,1	-1,5	3,0	Dornburg
Ettlingen	-3,1	0,0	-0,8	-0,5	-3,0	-0,1	1,5	-1,1	-1,6	-1,7	0,5	-3,8	0,5	1,2	0,8	1,9	0,7	-0,4	-2,8	0,4	1,3	-0,3	-1,1	3,0	Ettlingen
Gülzow	-5,4	-1,6	0,2	-1,0	-2,8	-0,1	2,6	-0,1	-1,5	-0,9	-0,9	-5,9	0,5	-0,5	-0,4	2,2	0,8	0,9	-1,8	-0,1	0,7	0,3	-1,0	2,6	Gülzow
Güterfelde	-5,0	-0,8	0,3	-0,7	-2,5	0,7	3,1	0,5	-1,5	-1,3	-0,1	-5,7	1,1	-0,5	0,2	2,6	1,0	1,4	-1,8	0,7	1,2	0,7	-1,5	2,9	Güterfelde
Trossin	-5,3	-1,3	-0,2	-1,0	-3,2	0,1	2,1	-0,5	-1,9	-1,7	-0,2	-6,2	1,3	-0,5	0,0	1,6	0,1	0,9	-3,0	0,4	0,2	0,2	-1,2	3,4	Trossin
Werlte	-4,8	-2,2	0,1	-0,8	-3,2	0,1	2,3	-0,3	-1,5	-0,7	-1,4	-5,7	0,1	0,7	-0,3	2,4	0,7	0,3	-2,2	0,0	0,7	0,1	-0,8	2,6	Werlte

	Niederschlagssummen [mm]																								
	2012												2013												
	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	
Ascha	156	31	9	61	54	95	81	155	44	42	71	114	71	67	30	42	164	132	10	51	74	66	65	22	Ascha
Bernburg	57	12	6	16	54	75	145	38	22	23	32	42	43	42	42	27	105	45	28	64	63	56	62	25	Bernburg
Dornburg	58	8	5	18	48	107	95	46	40	22	46	51	40	28	23	50	173	77	25	42	53	62	49	13	Dornburg
Ettlingen	88	12	15	45	72	110	78	40	53	97	101	96	38	61	29	97	178	79	78	79	108	109	84	53	Ettlingen
Gülzow	59	17	8	20	21	35	32	34	37	50	25	47	59	32	22	23	98	77	20	24	82	60	44	26	Gülzow
Güterfelde	58	31	8	23	28	68	103	31	26	26	46	35	60	33	19	22	78	67	35	60	43	56	48	41	Güterfelde
Trossin	99	29	7	29	45	83	51	25	38	19	61	79	41	25	18	49	116	88	30	61	32	14	65	26	Trossin
Werite	95	19	14	50	70	64	121	53	42	79	43	103	53	38	14	33	50	75	27	22	82	64	87	57	Werite

Abweichung der Niederschlagssummen [mm] vom Mittel 2005 - 2013 je Standort; Farbliche Skalierung entsprechend der Abweichungen, rot = trockener als Mittel, blau = feuchter als Mittel

Ascha	82	-29	-56	10	-59	1	-14	53	-16	-2	13	37	-3	6	-35	-10	52	38	-85	-51	14	22	7	-55	Ascha
Bernburg	19	-14	-24	-12	-19	25	65	-16	-43	-10	-12	5	5	16	12	-1	32	-6	-52	10	-1	24	18	-12	Bernburg
Dornburg	29	-14	-25	-18	-32	39	16	-27	-23	-16	6	14	11	6	-7	14	93	10	-55	-31	-9	25	8	-24	Dornburg
Ettlingen	42	-44	-36	-5	-10	34	3	-54	3	15	37	19	-8	6	-22	46	96	3	3	-15	58	28	19	-24	Ettlingen
Gülzow	-5	-13	-26	-2	-39	-29	-40	-58	-12	1	-23	5	-5	2	-12	2	37	14	-52	-68	32	11	-3	-16	Gülzow
Güterfelde	10	1	-19	2	-31	25	22	-25	-24	-10	7	-7	13	3	-9	0	18	24	-45	4	-6	20	10	-1	Güterfelde
Trossin	47	-8	-29	-4	-16	28	-37	-35	-23	-11	12	33	-10	-12	-18	16	55	33	-58	0	-29	-16	16	-20	Trossin
Werite	22	-29	-44	19	8	3	35	-22	-11	20	-27	32	-20	-10	-44	3	-13	14	-59	-53	28	5	17	-14	Werite

Durchschnittstemperaturen [°C]																										
	2012												2013													
	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez		
Ascha	0,6	-4,5	6,2	8,8	14,5	17,0	18,2	18,4	13,4	7,6	4,2	-0,3	-0,2	-1,1	1,4	8,7	11,8	15,8	20,2	18,3	13,1	9,0	3,7	0,7	Ascha	
Bernburg	2,3	-2,1	7,8	9,0	15,2	15,7	18,5	19,2	15,1	9,4	5,5	1,6	0,4	-0,2	-0,9	9,0	13,1	16,8	20,4	19,1	14,0	11,3	5,1	4,3	Bernburg	
Dornburg	1,6	-3,9	7,0	8,6	14,8	15,8	18,1	19,0	13,9	8,3	4,9	1,3	-0,4	-1,1	-1,2	8,4	12,1	16,1	19,8	18,3	13,3	10,6	4,2	3,7	Dornburg	
Ettlingen	3,3	-2,4	8,1	9,2	15,2	17,5	18,3	19,7	14,5	9,1	5,7	3,3	1,5	-0,2	2,6	9,7	11,8	17,0	21,0	18,6	14,8	11,5	5,1	3,1	Ettlingen	
Gülzow	2,0	-0,9	6,8	7,9	13,9	15,3	18,1	18,2	14,1	9,3	5,6	0,3	0,7	0,2	-0,5	7,9	13,9	16,4	19,8	19,0	13,4	11,1	5,5	4,7	Gülzow	
Güterfelde	2,0	-1,9	7,3	9,3	15,6	16,3	18,8	18,9	14,8	9,0	5,2	0,6	0,2	0,2	-0,7	9,0	14,1	17,7	21,1	19,1	13,6	11,0	5,3	4,1	Güterfelde	
Trossin	2,0	-3,0	7,0	8,8	15,1	16,3	19,1	19,3	15,2	9,3	5,6	1,6	0,0	-0,3	-1,2	10,8	12,9	16,6	20,5	19,0	13,8	11,0	5,1	4,3	Trossin	
Werite	3,5	0,3	7,8	8,1	14,3	14,7	17,0	18,4	13,5	9,6	6,2	3,6	1,3	0,8	0,6	8,0	11,9	15,2	19,0	18,2	13,7	11,6	6,0	5,4	Werite	

Abweichung der Temperaturen [°C] vom Mittel 2005 - 2013 je Standort; Farbliche Skalierung entsprechend der Abweichungen, rot = wärmer als Mittel, oliv = kälter als Mittel

Ascha	2,0	-3,5	2,4	-1,0	0,8	0,0	-0,2	1,4	-0,3	-0,8	0,5	0,1	1,0	-0,1	-2,1	-1,0	-1,7	-1,1	1,6	1,1	-0,6	0,5	0,0	1,0	Ascha
Bernburg	1,3	-3,1	2,5	-1,3	1,1	-1,4	-1,2	0,8	-0,2	-0,6	-0,4	-0,1	-0,6	-1,1	-5,4	-1,2	-0,9	-0,2	0,7	0,7	-1,1	1,1	-0,6	2,3	Bernburg
Dornburg	1,3	-4,1	2,5	-0,8	1,3	-0,7	-0,7	1,6	0,0	-0,7	0,0	0,5	-0,6	-1,2	-5,0	-0,9	-1,2	-0,3	1,0	0,8	-0,6	1,4	-0,6	2,5	Dornburg
Ettlingen	1,5	-4,6	1,9	-1,8	0,3	-0,6	-1,3	1,2	-0,5	-1,1	-0,3	1,0	-0,2	-2,1	-3,2	-1,2	-2,8	-1,0	1,2	0,1	-0,2	1,2	-0,8	0,7	Ettlingen
Gülzow	1,0	-1,8	2,3	-1,3	0,9	-1,0	-1,0	0,5	-0,6	-0,4	0,1	-1,3	-0,2	-0,6	-4,3	-1,2	0,8	0,1	0,5	1,1	-1,2	1,3	0,0	2,8	Gülzow
Güterfelde	1,2	-2,9	2,1	-1,3	1,0	-1,7	-1,5	0,2	-0,4	-0,7	-0,4	-1,0	-0,5	-0,8	-5,2	-1,4	-0,6	-0,3	0,7	0,3	-1,5	1,1	-0,3	2,2	Güterfelde
Trossin	1,7	-3,2	2,4	-1,3	0,3	-2,0	-1,4	0,8	0,5	0,0	0,4	0,4	-0,1	-0,5	-5,2	0,7	-1,6	-1,5	0,0	0,4	-0,8	1,5	-0,1	2,7	Trossin
Werite	1,2	-1,8	2,4	-2,1	1,0	-1,4	-1,2	1,4	-0,9	-0,7	-0,3	0,9	-0,9	-1,2	-4,2	-1,9	-1,3	-0,7	0,7	1,0	-0,6	1,2	-0,4	2,4	Werite

Literaturverzeichnis

- Amler, R.; 2012: Charakteristik von Reife, ertrag und Umwelt bei 50-jähriger Silomais-Monokultur im Dauerdüngungsversuch "Ewiger Roggenbau" in Halle; Vortrag auf der Veranstaltung "Maiskolloquium, Chancen und Risiken eines verstärkten Maisanbaus" am 06.09.2012 in Halle; unveröffentlicht
- Anderson, T. H. und Domsch, K. H.; 1979: A Physical Method for the Quantitative Measurement of Microbial Biomass in Soils; *Soil Biology and Biochemistry*, 1979, Bd. Vol. 10 Issue 3.
- Anderson, T. H. und Domsch, K.-H.; 1989: Ratios of microbial biomass carbon to total organic-C in arable soils; *Soil Biology and Biochemistry*, 1989, Bd. 21.
- Auerbacher, J., Kornatz, P. und Dunkel, J.; 2013: *Abschlussbericht Teilvorhaben 3: Ökonomische Begleitforschung (FKZ 22013208)*; Gießen, 2013.
- Baath, E. und Anderson, T. H.; 2003: Comparison of soil fungal/bacterial ratios in a pH gradient using physiological and PLFA-based techniques; *Soil Biology and Biochemistry*, 2003, 35.
- Baeumer, K.; 1994: *Allgemeiner Pflanzenbau, 3. Auflage*; Stuttgart : E. Ulmer Verlag, 1994.
- Beck, T.; 1971: Messung der Katalaseaktivität von Böden; *Pflanzenernährung und Bodenkunde*, 1971, 130.
- BGR: FisBoBGR, Ackerbauliches Ertragspotential in Deutschland. [Online] http://www.bgr.de/app/FISBoBGR_MapServer/OpenLayers/?id=220&pid=6751&lang=de.
- Bischof, R., Vetter, A.; 2012: *Optimierung des Anbauverfahrens von Ganzpflanzengetreide, inklusive Arten- und Sortenmischungen für die Biogasproduktion. Schlußbericht (08NR129)*; Hannover : Technischen Informationsbibliothek und Informationsbibliothek, 2012.
- Bundesregierung; 2002: Nationale Nachhaltigkeitsstrategie. [Online] 2002; <http://bfm.de/fileadmin/NBS/documents/Nachhaltigkeitsstrategie-langfassung.pdf>.
- Bundessortenamt; 2000: *Richtlinien für die Durchführung von landwirtschaftlichen Wertprüfungen und Sortenversuchen*; Hannover : Landbuch Verlag, 2000.
- DüV. 2007. *Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen - Düngeverordnung – DüV vom 27. Februar 2007*; BGBl. I, S. 221, 2007.
- Ebel, G. Barthelmes, G.; 2012: Zweitfruchtanbau auf Diluvialen Standorten Norddeutschlands. *Energiepflanzen für Biogasanlagen, Brandenburg*; FNR, 2012.
- EU-WRRL; 2000: Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23.10.2000; Europäische Union, 2000.
- Freier, B., et al.; 2010: *Netz Vergleichsbetrieb Pflanzenschutz, Jahresbericht 2010: Analyse der Ergebnisse der Jahre 2007 bis 2010, Berichte aus dem Julius Kühn Institut Bd. 161*; Braunschweig : JKI, 2010.
- Freyer, B.; 2003: *Fruchtfolgen*; Stuttgart : Ulmer, 2003.
- Frostegard, A., Tunlid, A. und Baath, E.; 1993: Phospholipid fatty acid composition, biomass and activity of microbial communities from two soil types experimentally exposed to different heavy metals; *Applied Environmental Microbiology*, 1993, 59.

- Glemnitz, M., et al.; 2013: *Vorläufiger Endbericht zu Teilprojekt II: "Ökologische Folgewirkung des Energiepflanzenanbaus" (FKZ 220-131-08)*; Müncheberg : ZALF, 2013.
- Gutser, R. und Eberseder, T.; 2006: Die Nährstoffe in Wirtschafts- und Sekundärrohstoffdüngern- ein unterschätztes Potential; KTBL: *Verwertung von Wirtschafts- und Sekundärrohstoffdüngern in der Landwirtschaft, Nutzen und Risiken*; Darmstadt : KTBL, 2006.
- Heiermann, M., et al.; 2009: Abschlussbericht des Teilprojektes 4: Ermittlung des Einflusses der Pflanzenart und der Silierung auf Substratqualität und Biogasausbeute in Labor und Praxis; ATB, 2009. http://www.eva-verbund.de/uploads/media/schlussbericht_tp4_eva1_01.pdf.
- Heiermann, M., et al.: 2013: *Abschlussbericht Teilprojekt 4: "Ermittlung des Einflusses der Substratqualität auf die Biogasausbeute in Labor und Praxis" (FKZ 22013308)*; Potsdam, 2013.
- Heinemeyer, O., et al.; 1989: Soil microbial biomass and respiration measurements; an automated technique based on infrared gas analyses; *Plant and soil*, 1989, 116.
- Hoffmann, G.; 1968: Eine photometrische Methode zur Bestimmung des Phosphataseaktivität in Böden; *Pflanzenernährung und Bodenkunde*, 1968, 118.
- Hoffmann, G. und Dedecken, M.; 1965: Eine methode zur kalorimetrischen Bestimmung der β -Glucosidaseaktivität in Böden; *Pflanzenernährung und Bodenkunde*, 1965, 108.
- JKI: Verzeichnis zugelassener Pflanzenschutzmittel; [Online] <http://portal.bvl.bund.de/psm/jsp>.
- Kandeler, E. und Dick, R. R.; 2007: Soil enzymes: Spatial distribution and function in agrosystems; [Buchverf.] G. Benicker und S. Schnell. *Biodiversity in agricultural production systems*, Boca Ranton : CRC, 2007.
- Könnecke, G.; 1967: *Fruchtfolgen*; Berlin : VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, 1967.
- Körschens, M., Rogasik, J. und Schulz, E.; 2004: VDLUFA Standpunkt Humusbilanzierung: Methode zur Bemessung der Humusversorgung von Ackerland; [Online] 2004. <http://www.vdlufa.de/joomla/Dokumente/Standpunkte/08-humusbilanzierung.pdf>.
- KTBL; 2012: *Energiepflanzen: Daten für die Planung im Energiepflanzenanbau*; Darmstadt : KTBL, 2012.
- KTBL; 2009: *Faustzahlen Biogas*; Darmstadt : KTBL, 2009.
- Leopoldina; 2013: Bioenergie- Möglichkeiten und Grenzen. [Online] 2013; http://www.leopoldina.org/uploads/tx_leopublication/2013_06_Stellungnahme_Bioenergie_DE.pdf.
- Lichti, F., Wendland, M. und Offenberger, K.; 2012: Die Dosis macht es- Wie viel Biogasgärrest zu welcher Kultur? Bayrisches Wochenblatt (BLW), Ausgabe 50; [Online] 2012; http://www.ifi.bayern.de/mam/cms07/iab/dateien/wieviele_biogasg__rest_brauchen_die_kulturen_-beitrag_im:BLW_50.pdf.
- Lichti, F., Wendland, M. und Schägger, M.; 2012: Verlustarme Ausbringung von Biogasgärresten – Welche Ertragsreaktion ist zu erwarten und wie viel Stickstoff kann eingespart werden? Bayerisches Landwirtschaftliches Wochenblatt (BLW), Ausgabe 48; [Online] 2012,

http://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/iab/dateien/biogasg__reste_verlustarm_ausbringen_-_beitrag_im_blw_48.pdf.

Loges, R.; 2013: *Leguminosen im Futterbau: Aktuelle und zukünftige Bedeutung sowie Forschungsbedarf*; 2013.

Lütke Entrup, N. und B., Schäfer; 2011: *Lehrbuch des Pflanzenbaues, Band 2: Kulturpflanzen*; Bonn : AgroConcept, 2011.

Nehring, A. und Vetter, A.; 2009: Abschlussbericht zum Teilprojekt 1: Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands (EVA)(FKZ 22002605); [Online] TLL, 2009. www.eva-verbund.de/uploads/media/ab_tp1_ges_01.pdf.

Scheffer, K. und Stülpnagel, R.; 1993: Wege und Chancen bei der Bereitstellung des CO₂-neutralen Energieträgers Biomasse- Grundgedanken zu einem Forschungskonzept; *Der Tropenlandwirt*. 1993, Bd. Supplement Nr. 49.

Simon; 1967: *Praktische Anleitung für die Aufstellung von Fruchtfolgen*; Berlin : Bezirkslandwirtschaftsrat, 1967.

Sommer, M., et al.; 2002: Böden als Lebensraum für Organismen- Regenwürmer, gehäuselandschnecken und Bodenmikroorganismen in Wäldern Baden- Württembergs; *Hohenheimer Bodenkundliche Hefte*, 2002, 63.

Stülpnagel, R., Klingenbiel, L. und Wachendorf, M.; 2012: Zwischenbericht Teilvorhaben 6: Bericht aus dem Versuchsjahr 2011 einschließlich einer Zusammenfassung wesentlicher Ergebnisse aus EVA II zu ÖKOVERS und KORB (FKZ 22013508); [Online] 2012: http://www.eva-verbund.de/uploads/media/%C3%96KOVERS__Bericht_2011.pdf.

Vetter, A., et al.; 2013: *Vorläufiger Abschlußbericht TP1: "Entwicklung und Optimierung von standortangepassten Anbausystemen für Energiepflanzen im Fruchtfolgeregime"* (FKZ 22013008); Jena : Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, 2013.

Wald, F.; 2003: *Dissertation: Einfluss der Bearbeitungsintensität beim Umbruch von Luzerne-Kleegras auf die Stickstoffmineralisierung zur Folgefrucht Winterweizen im ökologischen Landbau*; Hohenheim : UNI Hohenheim, 2003.

Zeise, K. und Fritz, M.; 2012: *Sorghum als Energiepflanze: Optimierung der Produktionstechnik, Berichte aus dem TFZ Bd. 29*; Straubing : TFZ, 2012.

Zorn, Dr. W., et al.; 2007: *Düngung in Thüringen 2007 nach "Guter fachlicher Praxis"*; Jena : TLL, 2007.

Zorn, W. et.al.;2013: [Online]; <http://www.thueringen.de/th8/tll/pflanzenproduktion/duengung/>.

Öffentlichkeitsarbeit

Durch den EVA- Verbund sind inzwischen hunderte von Veröffentlichungen, Vorträgen und Postern entstanden. Umfangreiche Informationen wurden zudem in EVA II auf der Projektinternetseite www.eva-verbund.de veröffentlicht und unterschiedlichen Zielgruppen, v.a. der praktischen Landwirtschaft als Beratungsempfehlung zugänglich gemacht. Ergebnisse fanden in weiterführende Werke (KTBL- Gasausbeuten Landwirtschaftlicher Biogasanlagen, Datensammlung Energiepflanzen) Eingang. Neben der deutschlandweiten Broschüre „Anbausysteme für Energiepflanzen“ sind die regionalspezifischen Broschüren „Energiepflanzen für Biogasanlagen“ zu nennen, die die Ergebnisse des EVA-Verbunds intensiv berücksichtigen. In der folgenden Auflistung sind einige ausgewählte Veröffentlichungen aufgeführt, in denen die Ergebnisse an die Öffentlichkeit getragen wurden:

Brandenburg

- 2009-2012: 23 Vorträge, 29 Beiträge, 5 Poster + 1 Poster Ackerfutter-mischungen, 1 Flyer (vgl. folgend bzw. Internetseite <http://www.eva-verbund.de>)
 - 2009-2012: vier Feldtage am Standort in Güterfelde – inklusive Vortragsveranstaltungen, EVA-Fruchtfolgen und Sorghumprojekt, 1 Feldtag Getreide-Ganzpflanzenprojekt,
 - 2009-2012: fünf Feldtage an den Standorten Paulinenaue (LELF) und Berge (HUB) Vorstellung der innerhalb EVA laufenden Ackerfutter- und Grünlandversuche
 - 2010 und 2012: gemeinsame Durchführung von zwei Vortragsveranstaltungen „Energiepflanzen für Praktiker“ (Bioenergieberatung Potsdam-Bornim GmbH, ATB Potsdam-Bornim, dem Landesbauernverband, LELF),
 - 2010: 2 Beiträge für FNR Broschüre: „Standortangepasste Anbausysteme für Energiepflanzen“,
 - 2011: Beitrag „Energiepflanzen und Anbausysteme“ für die Broschüre “Biogas in der Landwirtschaft – Leitfaden für Landwirte im Land Brandenburg.“ (Herausgeber: Energietechnologie Initiative Brandenburg ETI, 4. überarbeitete und erweiterte Auflage, Potsdam),
 - 2011: Beiträge für die EVA-Verbund-Internetseite: <http://www.eva-verbund.de>
 - 2012: Fachredaktion und Autoren der Broschüre „Energiepflanzen für Biogasanlagen – Brandenburg.“ (Herausgeber: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), Gülzow, Juni 2012, 60 Seiten),
 - 2009 und 2012 Zuarbeit für die Bücher: 1) Anbausysteme für Energiepflanzen. Abschnitt 6.4.6 Standortangepasste Energiepflanzenfruchtfolgen S. 172-183. Herausgeber: Vetter, A.; Heiermann, M.; Toews, T. DLG-Verlag bzw.
- 2) Energiepflanzen – KTBL-Datensammlung, Zuarbeit für Kapitel II.1 Getreide

Flyer

Pflanzliche Rohstoffe für die Biogaserzeugung. Projekt EVA 2. Flyer des Projektpartners: Landesamt für Verbraucherschutz, Landwirtschaft und Flurneuordnung, Referat: Ackerbau und Grünland Güterfelde; 3. überarbeitete Auflage April 2010

Poster

Anbausysteme für Energiepflanzen in Fruchtfolgen; 3. Auflage Juli 2009

Energiepflanzenanbau zur Biogasgewinnung auf Diluvialstandorten; September 2009

Fruchtfolgen mit Energiepflanzen auf ostdeutschen Diluvialstandorten; August 2011

Pflanzen als Biogassubstrat – Wann ernten?; August 2011

Ganzpflanzengetreide für die Biogaserzeugung; August 2011

vorgestellt auf dem Feldtag „Energiepflanzen, Mais und Sonnenblumen“ in Güterfelde am 24.08.2011; auf dem FNR/KTBL Kongress „Biogas in der Landwirtschaft“ in Göttingen am 20.-21.09.2011; auf dem 3. Symposium Energiepflanzen des BMELV in Berlin am 02.-03.11.2011 und den Veranstaltungen der Bioenergieberatung „Energiepflanzen für Praktiker“ in Seddin (20.10.2011) sowie dem Pflanzenbautag 2011 des LELF Brandenburg in Götz (30.11.2011) - vgl. Anlage und www.eva-verbund.de; <http://www.fnr.de/energiepflanzen2011/>

Beiträge

AUTORENKOLLEKTIV (2012): Energiepflanzen für Biogasanlagen – Brandenburg. Herausgeber: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), Gülzow, Juni 2012, 60 S.

Ebel, G. (2010): Anbausysteme mit Energiepflanzen als eine Alternative zur Monokultur auf leichten Standorten – Ergebnisse eines Fruchtfolgeprojekts. In: Tierhaltung und regenerative Energien – Ergänzung oder Widerspruch. Tagungsbeitrag: XI. Brandenburger Nutztierforum, Götz 2010, Herausgeber: Deutsche Gesellschaft für Züchtungskunde e.V., Bonn. DGfZ-Schriftenreihe Heft 57, 2010, S. 56-65

Ebel, G. (2011): Sorghum – mit Vielfalt zu Biogas. Begleitheft zum Film. Herausgeber: Förderverein „Alte Nutzpflanzen“ e.V., 40 Seiten

EBEL, G. (2012): Energiepflanzenanbau auf sandigen Böden in Nordost-Deutschland. In: Anaerobic Digestion of Solid Biomass and Biowaste. Proceedings of the international symposium – BiogasWorld 2012, Berlin, Herausgeber: Fördergesellschaft für nachhaltige Biogas- und Bioenergienutzung (FnBB e.V.), S. 56-62

Ebel, G.; G. Barthelmes; L. Adam (2009): Fokus Methanertrag. Bauernzeitung, Berlin 50 (2009) 17, S. 28-30

Ebel, G.; G. Barthelmes; L. Adam (2009): Energie aus Getreide – Ganzpflanzennutzung zur Biogaserzeugung. Neue Landwirtschaft, Berlin 7/2009, S. 50-51

Ebel, G.; G. Barthelmes (2009): Energiepflanzenanbau zur Biogasgewinnung auf ostdeutschen Diluvialstandorten. Empfehlungen aus vierjährigen Fruchtfolgeversuchen in Brandenburg. In: Jahresbericht Landwirtschaft und Gartenbau 2008, Schriftenreihe des Landesamtes für Verbraucherschutz, Landwirtschaft und Flurneuordnung, Frankfurt O., S. 33-34

Ebel, G.; G. Barthelmes (2009): Ertragspotenzial von Ganzpflanzengetreide. In: Jahresbericht Landwirtschaft und Gartenbau 2008, Schriftenreihe des Landesamtes für Verbraucherschutz, Landwirtschaft und Flurneuordnung, Frankfurt O., S. 35-36

Ebel, G.; G. Barthelmes (2009): Standortangepasste Energiepflanzenfruchtfolgen – Roggen-Kartoffel-Region, Trockene Diluvial-Standorte. In: Anbausysteme für Energiepflanzen. Herausgeber: Vetter, A.; Heiermann, M.; Toews, T., DLG-Verlag, Frankfurt am Main, 2009, Kapitel 6.4.6, S. 172-183

Ebel, G.; G. Barthelmes (2009): Energiepflanzenanbau zur Biogasgewinnung auf ostdeutschen Diluvialstandorten. In: Biogas in der Landwirtschaft – Stand und Perspektiven. Tagungsband zum KTBL/FNR-Biogas-Kongress in Weimar. Herausgeber: Fachagentur

Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), Gülzower Fachgespräche, Band 32, Gülzow, 2009, S. 433-434

EBEL, G.; G. Barthelmes (2010): Standortspezifische Erträge und Ertragsstruktur - 3.2.3 Güterfelde (Brandenburg): Roggen-Kartoffel-Region. In: Standortangepasste Anbausysteme für Energiepflanzen. Herausgeber: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), Gülzow, 3. veränderte und erweiterte Auflage, März 2010 – S. 22-24

EBEL, G.; G. Barthelmes (2010): Faktoroptimierung und Bewirtschaftungsstrategien – 4.4 Erntezeitpunkte. In: Standortangepasste Anbausysteme für Energiepflanzen. Herausgeber: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), Gülzow, 3. veränderte und erweiterte Auflage, März 2010 – S. 65-67

Ebel, G.; G. Barthelmes (2010): Energiepflanzenanbau zur Biogasgewinnung auf ostdeutschen Diluvialstandorten. Ergebnisse der 2. Projektphase - EVA 2. In: Jahresbericht Landwirtschaft und Gartenbau 2009, Schriftenreihe des Landesamtes für Verbraucherschutz, Landwirtschaft und Flurneuordnung, Frankfurt (Oder), S. 34-35

Ebel, G.; G. Barthelmes (2010): Optimierung der Anbautechnik Ganzpflanzengetreide für die Biogaserzeugung. In: Jahresbericht Landwirtschaft und Gartenbau 2009, Schriftenreihe des Landesamtes für Verbraucherschutz, Landwirtschaft und Flurneuordnung, Frankfurt (Oder), S. 35-36

Ebel, G.; G. Barthelmes (2011): Fruchtfolgeprojekt - EVA. In: Jahresbericht Landwirtschaft und Gartenbau 2010, Schriftenreihe des Landesamtes für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung, Frankfurt (Oder), S. 34-35

EBEL, G.; G. BARTHELMES (2011): Fruchtfolgen mit Energiepflanzen zur Biogaserzeugung auf ostdeutschen Diluvialstandorten. In: Biogas in der Landwirtschaft – Stand und Perspektiven. Tagungsband des FNR/KTBL-Kongress in Göttingen am 20.-21.09.2011, Herausgeber: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., KTBL-Schrift 488, Darmstadt, S. 304-305

EBEL, G.; G. BARTHELMES (2011): Optimierung der Anbautechnik Ganzpflanzengetreide für die Biogaserzeugung. In: Biogas in der Landwirtschaft – Stand und Perspektiven. Tagungsband des FNR/KTBL-Kongress in Göttingen am 20.-21.09.2011, Herausgeber: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., KTBL-Schrift 488, Darmstadt, S. 312-314

EBEL, G.; G. BARTHELMES (2012): Fruchtfolgeprojekt - EVA. In: Jahresbericht Landwirtschaft und Gartenbau 2011, Schriftenreihe des Landesamtes für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung, Frankfurt (Oder), in Druck

EBEL, G.; G. BARTHELMES (2012): Energiepflanzen – Einfluss des Erntezeitpunkts auf die Ertrags- und TM-Gehaltszunahme. In: Jahresbericht Landwirtschaft und Gartenbau 2011, Schriftenreihe des Landesamtes für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung, Frankfurt (Oder), in Druck

EBEL, G.; G. BARTHELMES; Ch. Herrmann; M. Heiermann; Ch. Idler (2010): Biogaspflanzen auf leichten Standorten - Auf den Erntetermin kommt es an. Neue Landwirtschaft, Berlin Heft 7/2010, S. 55-57

EBEL, G.; Martin, M.; G. BARTHELMES (2011): Energiepflanzen und Anbausysteme. In: Biogas in der Landwirtschaft – Leitfaden für Landwirte im Land Brandenburg. Herausgeber:

Energietechnologie Initiative Brandenburg ETI, 4. überarbeitete und erweiterte Auflage, Potsdam, S. 30-34

Nehring, A.; A. Vetter; C. Strauß; G. Ebel; G. Barthelmes; C. Riekmann; F. Wilken; M. Heiermann; C. Herrmann; C. Idler (2009): Ein starker Partner – Getreideganzpflanzen. *joule*, München 3/2009, S. 45-49

Schmaler, K., K. Neubert (2009): Nutzung des mehrschnittigen Ackerfutters im Energiepflanzenanbau auf verschiedenen Standorten in Brandenburg. *Futterbau und Klimawandel*. Hrsg. Berendonk, C. und G. Riehl. *Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau* 10, 105-108.

Schmaler, K.; K. Weiß and R. Krause (2010): Suitability of perennial grasses and legume-grass-mixtures for methane production. *Grassland in a changing world* Eds. H. Schnyder, J. Isselstein, F. Taube, J. Schellberg, M. Wachendorf, A. Herrmann, M. Gierus, K. Auerswald, N. Wrage, A. Hopkins. *Grassland Science in Europe* Vol. 15., S. 283-285

Vorträge

Ebel, G.; G. Barthelmes: Getreide-Ganzpflanzenproduktion. Feldtag Getreide in Güterfelde am 04.06.2009

Ebel, G.; G. Barthelmes: Energiepflanzen in Fruchtfolgesystemen. Feldtag Energiepflanzen in Güterfelde am 11.08.2009

Ebel, G.; G. Barthelmes: Energiepflanzen für die Biogaserzeugung in Fruchtfolgesystemen. 6. Futterbautag der DSV an der Außenstelle Bückwitz am 03.09.2009

Ebel, G.; G. Barthelmes: Energiepflanzen zur Biogasgewinnung auf ostdeutschen Diluvialstandorten. 121. VDLUFA-Kongress in Karlsruhe am 17.09.2009

Ebel, G.; G. Barthelmes: Energiepflanzenfruchtfolgen auf sandigen Standorten. Fachtagung Biogas 2009 des Landesumweltamtes Brandenburg in Potsdam am 04.11.2009

Ebel, G.; G. Barthelmes: Energiepflanzenfruchtfolgen auf sandigen Standorten. Tag des Bodens 2009 des Kreises Teltow-Fläming in Luckenwalde am 09.12.2009

Ebel, G.: Getreideganzpflanzen als Biogassubstrat? Feldtag in Paulinenaue am 03.06.2010

Ebel, G.: Pflanzen als Biogassubstrat. 3. Fachtagung Agrarkreditgeschäft 2010 der Sparkassenakademie, in Groß Kreutz am 23.09.2010

Ebel, G.: Anbausysteme mit Energiepflanzen als eine Alternative zur Monokultur auf leichten Standorten. Vortragsveranstaltung „Tierhaltung und regenerative Energien – Ergänzung oder Widerspruch?“ – XI. Brandenburger Nutztierforum in Götz am 28.10.2010

Ebel, G.; G. Barthelmes: Fruchtfolgen für die Biogasproduktion – Ergebnisse aus dem EVA-Projekt. Vortragsveranstaltung „Energiepflanzen für Praktiker“ in Seddin am 23.02.2010

Ebel, G.; ch. Herrmann: Pflanzen als Biogassubstrat – Wann ernten? Vortragsveranstaltung und Feldtag „Energiepflanzen“ in Güterfelde am 12.08.2010

Ebel, G.; G. Barthelmes: Energiepflanzenversuche in Güterfelde – Ergebnisse aus dem EVA-Fruchtfolge- und dem Getreideganzpflanzenprojekt. Vortragsveranstaltung und Feldtag „Energiepflanzen“ in Güterfelde am 24.08.2011

Ebel, G.; G. Barthelmes: Anbausysteme mit Energiepflanzen auf diluvialen Standorten – Fruchtfolgeprojekt EVA. Vortragsveranstaltung „Energiepflanzen für Praktiker“ in Seddin am 20.10.2011

Ebel, G.; G. Barthelmes: Mais & Co als Biogassubstrat - Ergebnisse aus mehrjährigen Fruchtfolgeversuchen. Pflanzenbautag des Landesamtes für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung in Götz am 30.11.2011

Ebel, G.: Energiepflanzenanbau auf sandigen Böden in Nordost-Deutschland. International Symposium „Anaerobic Digestion of Solid Biomass and Biowaste“ der Fördergesellschaft für nachhaltige Biogas- und Bioenergienutzung (FnBB e.V.) Biogas World 2012, Berlin am 23.02.2012

Ebel, G.: Statement aus Sicht der trocken-sandigen Standorte Nordost-Deutschlands. DLG Feldtage Bernburg – Forum: Energiepflanzen – wo stehen die Maisalternativen? Bernburg am 19.06.2012

Ebel, G.; J. Grunewald: Energiepflanzenproduktion auf nordostdeutschen Diluvialstandorten – Herausforderung bei temporärem Wassermangel auf leichten Böden. 3. Forum Energiepflanzen, Jena am 04.07.2012

Ebel, G.; G. Barthelmes: Energiepflanzenproduktion auf nordostdeutschen Diluvialstandorten – Ergebnisse EVA-Fruchtfolgeprojekt. Feldtag Güterfelde am 23.08.2012

Ebel, G.; M. Märtn: Fruchtfolgen mit Energiepflanzen im Land Brandenburg – Chancen für Sorghumhirsen. Energiepflanzenanbau in Südbrandenburg – Winterschulung des Bauernverbandes Südbrandenburg e.V., Duben am 05.12.2012

Baden-Württemberg

Veröffentlichungen

Butz, A.; M. Heiermann; C. Herrmann; C. Idler; P. Kornatz; S. Kruse; K. Mastel; K. Nerlich; J. Ott; W. Wurth; K. Stolzenburg; B. Vollrath; E. Walter; M. Willms; A. Zürcher (2013): Energiepflanzen für Biogasanlagen – Baden-Württemberg. Hrsg.: Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), 76 S.

Kruse, S. (2009): Einfluss der Zusatzbewässerung auf den Biomasse- und Energieertrag von Energiepflanzen. Tagung „Aktiver Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel - Beiträge der Agrar- und Forstwirtschaft“, Braunschweig.

Kruse, S. (2009): Einfluss der Zusatzbewässerung auf den Biomasse- und Energieertrag von Energiepflanzen. In: Tagungsband „Aktiver Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel - Beiträge der Agrar- und Forstwirtschaft“, vTI, Braunschweig (Hrsg.), S. 182.

Kruse, S. (2009): Leistungspotenzial und Nährstoffbedarf von Energiepflanzenfruchtfolgen in klimatisch begünstigten Regionen Deutschlands. In: VDLUFA-Schriftenreihe (65), Teil 2, S. 230-237.

Kruse, S. (2011): Alternative Fruchtfolgen für die Biogasanlage. BWagrar/Schwäbischer Bauer/Landwirtschaftliches Wochenblatt 23: 13-15.

Kruse, S. (2011): Biogas-Fruchtfolgen unter der Lupe. Badische Bauern Zeitung 28: 25-27.

Kruse, S. (2011): Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen zur Biogasproduktion - Wassereffizienz und Berechnungswürdigkeit. In: Tagungsband „123. VDLUFA Kongress Spezialisierte Landwirtschaft - Risiko oder Chance?“, VDLUFA, Speyer (Hrsg.), S. 104.

- LTZ Augustenberg (2008): Tagungsband zum 3. Workshop „Pflanzliche Rohstoffe zur Biogasgewinnung“, 01.10.2008, LTZ Augustenberg Außenstelle Rheinstetten-Forchheim.
- LTZ Augustenberg (2009): Tagungsband zum 4. Workshop „Pflanzliche Rohstoffe zur Biogasgewinnung“, 06.10.2009, LTZ Augustenberg Außenstelle Rheinstetten-Forchheim.
- LTZ Augustenberg (2011): Tagungsband zum 5. Workshop „Pflanzliche Rohstoffe zur Biogasgewinnung“, 06.10.2011, LTZ Augustenberg Außenstelle Rheinstetten-Forchheim.
- LTZ Augustenberg (2012): Tagungsband zum 6. Workshop „Pflanzliche Rohstoffe zur Biogasgewinnung - Biodiversität und Wirtschaftlichkeit ein Widerspruch?“, 16.10.2012, LTZ Augustenberg Außenstelle Rheinstetten-Forchheim.
- Mastel, K. (2012): Es muss nicht immer Mais sein – Alternativen in der Biogaserzeugung. - In: Agrojournal (4), S. 8
- Mastel, K., Kruse, S. (2008).: Standortangepasste Anbausysteme für Energiepflanzen. In: Erste Ergebnisse des Verbundprojektes „Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands“, Hrsg. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), Gülzow.
- Mastel, K., Kruse, S. (2009): Körnermaisregion Südwestdeutschland. In: Anbausysteme für Energiepflanzen, optimierte Fruchtfolgen + effiziente Lösungen (Hrsg.), S. 148-156, Vetter, a., Heiermann, M. und Toews, T. DLG Verlag, Frankfurt.
- Mastel, K., Kruse, S. (2010) u.a.: Standortangepasste Anbausysteme für Energiepflanzen. In: Ergebnisse des Verbundprojektes „Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands“, Hrsg. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), Gülzow, 116 S..
- Schittenhelm, S., Hufnagel, J., Arman, B., Kruse, S., Toews, T. (2008): Wasser für Energiepflanzen. DLZ Agrarmagazin 04: 50-55.
- Schittenhelm, S., Kruse, S. (2010): Wassernutzungseffizienz von Energiepflanzen. In: Gülzower Fachgespräche. Proceedings zum 2. Symposium Energiepflanzen 2009 vom 17./18. November 2009 in Berlin. Hrsg. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), Gülzow, S 108-118.
- Schittenhelm, S., S. Kruse, J. Hufnagel und T. Neumann (2008): Faktoroptimierung durch Bewässerung. In: Standortangepasste Anbausysteme für Energiepflanzen. Herausgeber: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), Gülzow, S. 38-43.
- Schittenhelm, S., Reus, D., Kruse, S., Hufnagel, J. (2011): Assessment of productivity and profitability of sole and double-cropping for agricultural biomass production / Bewertung der Produktivität und Wirtschaftlichkeit von Hauptfruchtanbau und Zweitfruchtnutzung für die landwirtschaftliche Biomasseproduktion. Journal für Kulturpflanzen 63 (11): 387-395.
- TLL Jena (2012), FNR u.a.; Tagung 04./05. Juli 2012: Anbausysteme für Biogassubstrate und Ergänzungen zum Mais – Ergebnisse aus 6 Jahren Forschung im EVA-Verbund; Vorträge: <http://www.eva-verbund.de/forum-top/forum.html> [26.03.2014].
- Zürcher, A. (2013): Vielfalt auf dem Acker – Mit Energiepflanzen Biodiversität steigern. In: AGROjournal (5), S. 8.

Sachsen- Anhalt

Veröffentlichungen

BOESE, L., 2010: Abwechslung in der Biogasfruchtfolge, Neue Landwirtschaft 7, 52-54.

BOESE, L. et al., 2012: Energiepflanzen für Biogasanlagen – Sachsen-Anhalt, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR), 75 S.

Vorträge

BOESE, L.: Ganzpflanze als Biogassubstrat – Getreide, Mais und Hirsen im Vergleich,

Vortragstagung „Pflanzenbau aktuell“, Bernburg, 27.01.2010

BÖTTCHER, K.: Standortangepasste Produktionssysteme für Energiepflanzen, Vortragstagung „Pflanzenbau aktuell“, Bernburg, 27.01.2010

BOESE, L.: Alternative Pflanzenarten zur energetischen Nutzung, 3. Fachtagung, Hochschule Anhalt, Bernburg, 04.11.2010

BOESE, L.: Ganzpflanze als Biogassubstrat – Getreide, Mais und Hirsen im Vergleich

Vortragstagung „Pflanzenbau aktuell“, Bernburg, 24.01.2011

BÖTTCHER, K.: Standortangepasste Produktionssysteme für Energiepflanzen, Vortragstagung „Pflanzenbau aktuell“, Bernburg, 24.01.2011

BOESE, L.: Bioenergie im Spannungsfeld von Nutzungskonkurrenzen, Biodiversität, Welternährung, Klimawandel und Umwelt; Klausurtagung AK III der Landtagsfraktion DIE LINKE Sachsen-Anhalt, Wittenberg, 11.10. 2011

BOESE, L.: Ganzpflanzen für die Biogaserzeugung im Vergleich, 8. Mitteldeutscher Bioenergietag, Colditz-Zschadraß, 22.11.2011

BOESE, L.: Ganzpflanze als Biogassubstrat – Getreide, Mais und Hirsen im Vergleich, Akademie für Erneuerbare Energien, 6. Biogasfachkongress, Hitzacker, 24.11.2011

BOESE, L.: Was und wie anbauen? – Ergebnisse und Empfehlungen zum Energiepflanzenanbau, 4. Winterseminar der Rechtsanwälte Dr. Kropp/Endler/Rasch für Landwirte, Wernigerode, 20.01.2012

BOESE, L.: Stand und Entwicklung bei der Nutzung der Bioenergie und dem Anbau von Energiepflanzen in Deutschland, Konferenz "Energieeffizienz und Ressourcen schonen", Stadt Bernburg, 05.10.2012

BOESE, L.: Ganzpflanze als Biogassubstrat – Getreide, Mais und Hirsen im Vergleich

Vortragstagung „Pflanzenbau aktuell“, Bernburg, 21.01.2013

BORMANN, I.: Standortangepasste Produktionssysteme für Energiepflanzen, Vortragstagung „Pflanzenbau aktuell“, Bernburg, 21.01.2013

Vortragsveranstaltungen & Feldtage

Vortragstagung „Pflanzenbau aktuell“, Bernburg, 27.01.2010

Vortragstagung „Pflanzenbau aktuell“, Bernburg, 24.01.2011

Vortragstagung „Pflanzenbau aktuell“, Bernburg, 21.01.2013

Bernburger Energiepflanzenfeldtag 23.06.2009; 25.08.2010; 23.08.2011; 21.08.2012; 27.08.2013

Schleswig- Holstein

Veröffentlichungen

Wulfes, R., Ott, H. und R. Hünerjäger, 2011: Leistungsfähigkeit von Energiepflanzenanbausystemen mit Mais und Sorghum in Schleswig-Holstein. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 23, 276.

Kropf, U., Wulfes, R., Ott H. und R. Hünerjäger, 2011: Steigert Grünroggen die Produktivität? Bauernblatt für Schleswig-Holstein und Hamburg, 34, 27 – 30.

Wulfes, R., Ott, H. und R. Hünerjäger, 2011: Einfluss von Winterzwischenfrüchten auf die Ertragsleistung von Mais- und Sorghumkulturen in Schleswig-Holstein. In: Kalzendorf, C. und G. Riehl (Hrsg.): Nachhaltigkeit in der intensiven Futtererzeugung. 55. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau der Ges. für Pflanzenbauwiss., Oldenburg. Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau 12, 152 - 158.

Bayern

Veröffentlichungen

Deiglmayr, K.; Roller A. (2009): Fruchtfolge mit Sorghumhirsen. Sortenwahl, Standorteinfluss, Stellung in der Fruchtfolge, Saatzeit. Bayerisches Landwirtschaftliches Wochenblatt, Jg. 199, Nr. 17, S. 41-43

Deiglmayr, K.; Heimler, F.; Fritz, M.; Willms, M. (2009): Veränderte Energiebilanzen bei reduziertem Produktionsmitteleinsatz im Energiepflanzenanbau. In: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR) (Hrsg.): Biogas in der Landwirtschaft. Stand und Perspektiven. Tagungsband zum KTBL/FNR-Biogas-Kongress vom 15. bis 16. September 2009 in Weimar. Gülzower Fachgespräche, Nr. 32. Gülzow: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR), S. 412-413, ISBN 978-3-942147-00-2

Deiglmayr, K.; Heimler, F.; Fritz, M. (2009): Extensivierung von Anbauverfahren für die Produktion von Biogassubstraten. Extensification of cropping systems in the production of biogas substrates. In: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) (Hrsg.): Internationale Wissenschaftstagung "Biogas Science 2009". Freising-Weihenstephan: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), S. 27-38, ISSN 1611-4159

Fritz, M.; Deiglmayr, K. (2009): Amarant als Biogassubstrat. Publikation auf der Internetplattform des Biogas Forum Bayern, herausgegeben von der Arbeitsgemeinschaft Landtechnik und landwirtschaftliches Bauwesen in Bayern e.V., Download unter <http://www.biogas-forum-bayern.de/publikationen/substratproduktion>

Deiglmayr, K.; Fritz, M. (2010): Biogas aus Mischfruchtanbau. Nachwachsende Rohstoffe – Mitteilungen der Facharbeitsgruppe, Nr. 58, S. 8

Formowitz, B.; Fritz, M. (2010): Biogas digestates as organic fertilizer in different crop rotations. In: Spitzer, J.; Dallemand, J.F.; Baxter, D.; Ossenbrink, H.; Grassi, A.; Helm, P. (Eds.): 18th European Biomass Conference – From research to industry and markets. Proceedings of the European Conference held in Lyon, France, May 3rd till 7th 2010. Italy: Florence RenewableEnergies, S. 224-229, ISBN 978-88-89407-56-5

Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe (2010):Eignung des Zweikultur-Nutzungssystems für die Biomasseproduktion. URL: www.tfz.bayern.de/rohstoffpflanzen/16022/fo_p_zweikulturnutzung.pdf (Stand: 15.02.2012)

Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe (2010):Substratproduktion für Biogasanlagen unter ökologischen Anbaubedingungen. URL: www.tfz.bayern.de/rohstoffpflanzen/16022/fo_p_substratproduktion_oeko_anbau.pdf (Stand: 15.02.2012)

Formowitz, B., Fritz, M., Heimler, F. (2011): Exploitation of biogas digestates to meet nutrient demands of different cultivars in a crop rotation. In Faulstich, M., Ossenbrink, H., Dallemand, J. F., Baxter, D., Grassi, A., Helm, P. (Hrsg.): 19th European Biomass Conference and Exhibition. Florence, Italy: ETA-Florence Renewable Energies, WIP-Renewable Energies, S. 224–229, ISBN 978-88-89407-55-7

Formowitz, B., Fritz, M. (2011): Pflanzenbauliche Verwertung von Gärresten als organische Dünger innerhalb einer Energiepflanzen-Fruchtfolge. FNR/KTBL-Kongress „Biogas in der Landwirtschaft – Stand und Perspektiven“, 20.-21.09.2011, Göttingen, S. 380-381.

Formowitz, B. (2011): Anbaueignung und Produktionstechnik von Rohstoff- und Energiepflanzen. Schule und Beratung, Heft 11-12/11, ISSN 0941-360X

Fritz, M. (2011): Pflanzenarten für die energetische und stoffliche Nutzung. In Fürst, W.; Bauernschmitt, J. (Eds.): Nachwachsende Rohstoffe in Bayern, S. 52-55

Fritz, M. (2011): Sorghumhirse, Miscanthus und Co. als Energie- und Rohstoffpflanzen. In Faulstich, M.; Menrad, K. (Eds.): Erneuerbare Energien – Öffentliche Vortragsreihe am Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe, Verlag Attenkofer, Straubing, S. 221-228, ISBN 978-3-936511-67-3

Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe (2011): Mais-Sorghum-Mischanbau nach Roggen oder Zottelwicke-Roggen-Gemenge. URL: www.tfz.bayern.de/rohstoffpflanzen/16022/mb_p_de_mischanbau_mais_sorghum.pdf (Stand: 15.02.2012)

Fachvorträge

Deiglmayr, K. (2009): Zwischenfrüchte für die Biogasanlage. 8. Rottaler Biomasse Fachgespräch, Rottersdorf, 03.04.2009

Bloch, D.; Deiglmayr, K. (2009): Sorghumhirse in Biogasfruchtfolgen. Informationstag „Biogas“ der Staatlichen Führungsakademie für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (FüAk) für Pflanzenbauberater, Ansbach, 21.07.2009 und Straubing, 23.07.2009

Deiglmayr, K. (2009): Biogas-Fruchtfolgen. Ökologisch nachhaltig und wirtschaftlich erfolgreich. C.A.R.M.E.N. Fachgespräche auf der Biomasse 2009, Straubing, 02.-04.10.2009

Deiglmayr, K. (2009): Wie lassen sich Anbausysteme für die Energiepflanzenproduktion optimieren? 31. Oberpfälzer Biogasstammtisch, Schwandorf, 12.10.2009

Fritz, M. (2009): Sorghumhirse, Miscanthus und Co. als Energie- und Rohstoffpflanzen. Öffentliche Vortragsreihe zu Erneuerbaren Energien am Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe, 15.06.2009 (Publikation der Vortragsreihe in Vorbereitung)

Formowitz, B.; Fritz, M. (2010): Biogas digestates as organic fertilizer in different crop rotations. 18th European Biomass Conference, Lyon, 3.-7.05.2010

Deiglmayr, K. (2010): Aktuelles aus der Energiepflanzenforschung.23. Niederbayrischer Biogasstammtisch, Rottersdorf bei Landau an der Isar, 16.11.2010

Deiglmayr, K. (2010): Praxistauglichkeit von alternativen Energiepflanzen.Seminartag für Biogasanlagenbetreiber, Bayreuth, 07.12.2010

Deiglmayr, K. (2011): Neue Energiepflanzen.Fachversammlung Pflanzenbau, Schönwald, 19.01.2011

Widmann, B. (2011): Erweitertes Energiepflanzenpektrum und Fruchtfolgealternativen. Symposium „Pachtkampf ums Maisfeld“, Freising, 04.03.2011

Fritz, M.; Zeise, K., Deiglmayr, K.; Hartmann, A. (2011): Neue und wiederentdeckte Kulturen für die Biogasnutzung. Schulung für Biogasanlagenbetreiber im Rahmen des Biogas Forum Bayern, Modul 1: Substratproduktion und –bereitstellung, am 18.01.2011 in Landshut, am 01.02.2011 in Bayreuth und am 14.03.2011 in Landsberg am Lech

Formowitz, B. (2011): Gärrestversuche im EVA-Projekt. „Energiepflanzen für die Biogasproduktion“, Fachveranstaltung der LfULG, Trossin, 01.09.2011

Formowitz, B. (2011): Energiepflanzen – Alternativen zu Waldholz und Mais. Infotag Erneuerbare Energien, Passau, 15.09.2011

Poster

Deiglmayr, K.; Heimler, F.; Fritz, M. (2009): Standortangepasste Anbausysteme für Energiepflanzen im Fruchtfolgeregime

Formowitz, B.; Fritz, M.; Heimler, F.(2010): Biogas-Gärreste als organische Dünger

Deiglmayr, K.; Heimler, F.; Fritz, M. (2011): Wickroggen für die Biogasnutzung

Formowitz, B., Fritz, M., Heimler, F. (2011): Exploitation of biogas digestates to meet nutrient demands of different cultivars in a crop rotation.

Formowitz, B., Fritz, M., Heimler, F. (2011):Pflanzenbauliche Verwertung von Gärresten als organische Dünger innerhalb einer Energiepflanzen-Fruchtfolge.

Formowitz, B., Fritz, M., Heimler, F. (2011):Verwertung von Gärresten durch verschiedene Kulturen einer Energiepflanzen-Fruchtfolge.

Formowitz, B., Fritz, M., Heimler, F. (2011):Düngewirkung verschiedener Gärrest-N-Stufen.

Mecklenburg-Vorpommern

Veröffentlichungen

Peters, J. (2006): „Entwicklung und Optimierung von standortangepassten Anbausystemen für Energiepflanzen im Fruchtfolgeregime“, Jahresbericht zur Futterproduktion M-V. 2006, S. 15-16

Peters, J. (2006): „Entwicklung und Optimierung von standortangepassten Anbausystemen für Energiepflanzen im Fruchtfolgeregime“. Dechema e.V. Tagung „Bioenergie: Basis für eine wettbewerbsfähige und nachhaltige Landwirtschaft“, Güstrow 8.-9. März 2006, Tagungsband, S. 39-40

Peters, J., I. Klostermann (2006): „Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbaubedingungen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands. Teilprojekt Grundversuch: Entwicklung standortange-

passter Anbausysteme, 49. Jahrestagung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, Band 18, S. 208-209

Peters, J. (2006): Bauerverbandsnachrichten, Informationen aus der Agrarforschung: „Anbauhinweise für Energiepflanzen“

Peters, J. (2006): „Optimized Cropping Systems for Agricultural Production of Energy Crops in Mecklenburg-Vorpommern“ 2nd International Baltic Bioenergy Conference “Use of Bioenergy in the Baltic Sea Region”, Stralsund 2.-4. Nov. 2006, Proceedings, S. 66 – 69.

Peters, J. (2007): Futterbauartikel „Entwicklung und Optimierung von standort-angepassten Anbausystemen für Energiepflanzen im Fruchtfolge regime“.

Peters, J. (2007): LMS Aktuell: „Entwicklung und Optimierung von standort-angepassten Anbausystemen für Energiepflanzen“ Nr. 6, S. 16-22

Peters, J. (2007): Tagungsmaterial der 26. Fachtagung Pflanzenbau des LVL: „Entwicklung und Optimierung von standortangepassten Anbausystemen für Energiepflanzen Teilprojekt 1 (Mecklenburg – Vorpommern)“

Peters, J. (2008): Feldführer Energiepflanzentagung der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei MV, Institut für Acker-, Pflanzen- und Gartenbau Gülzow

Peters, J., A. Gurgel (2008): Einordnung von Futterpflanzen in unterschiedliche Energiefruchtfolgen, 9. Rainer Futterbautag, Tagungsband, S.33-40

Peters, J. (2008): Futterbauartikel „Ökonomische und ökologische Bewertung von Energiefruchtfolgen im Rahmen des EVA- Projektes“

Peters, J. (2011): Beurteilung unterschiedlicher Energiefruchtfolgen hinsichtlich ihrer Nachhaltigkeit und Rentabilität bei der Rohstoffversorgung von Biogasanlagen für die Region Mecklenburg – Vorpommern, Dissertation, Agrar- und Umweltwissenschaftlichen Fakultät Universität Rostock (2011)

Peters, J., A. Gurgel (2011): Standortangepasste Anbausysteme für Energiepflanzen- EVA, Internetseite <http://www.eva-verbund.de/regionen/raps-weizen-region-mv/versuchsergebnisse/fruchtfolgen.html>

Peters, J., A. Gurgel (2011): Feldführer 2010/11 Pflanzenbau und Sortenwesen, Herausgeber, Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Institut für Acker- und Pflanzenbau

Peters, J., A. Gurgel (2011): Landwirtschaftliche Nutzung von Biogasgülle. Schriftenreihe Umweltingenieurwesen, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät, Tagungsband 5. Rostocker Bioenergieforum, (2011) Nr. 30, Seite 337-349

Peters, J., A. Gurgel, Strauss C.: KTBL Zwischenfrüchte

Poster

Peters, J. (2006): „Entwicklung und Optimierung von standortangepassten Anbausystemen für Energiepflanzen im Fruchtfolge regime“. Dechema e.V. Tagung „Bioenergie: Basis für eine wettbewerbsfähige und nachhaltige Landwirtschaft“, Güstrow 8.-9. März 2006,

Peters, J., I. Klostermann (2006): „Der Mais bekommt Mitstreiter“ Dechema e.V. Tagung, Güstrow 8.-9. März 2006

Peters, J., I. Klostermann (2006): „Entwicklung und Optimierung von standortangepassten Anbausystemen für Energiepflanzen Teilprojekt 1 (Mecklenburg – Vorpommern)“, 49.

Jahrestagung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, Rostock 19.-21. September 2006

Peters, J. (2006): „Development and optimization of location-adapted cultivation systems for energy plants in Mecklenburg – Vorpommern“ 2nd international Bioenergy congress in Stralsund, 3.11.2006

Peters, J. (2007): „Development and optimization of location-adapted cultivation systems for energy plants in Mecklenburg – Vorpommern“ Tag der Ideen in Stralsund, 10.04.07

Peters, J. (2007): „Entwicklung und Optimierung von standortangepassten Anbausystemen für Energiepflanzen Teilprojekt 1 (Mecklenburg – Vorpommern)“ LVL Tagung in Pirow, 22.11.07

Peters, J., A. Gurgel (2010): Artenvielfalt im Energiefruchtanbau, Alternative fruchtarten und Anbausysteme für M-V, Mela Fachtagung Güstrow 10.09.2010

Fachvorträge

Peters, J. (2006): „Optimized Cropping Systems for Agricultural Production of Energy Crops in Mecklenburg-Vorpommern“ 2nd international Bioenergy congress in Stralsund, 3.11.2006

Peters, J. (2007): „Standortangepasste Anbausysteme für Energiepflanzen“, Feldtag in Gülzow 08.08.07.

Peters, J. (2007): „Entwicklung und Optimierung von standortangepassten Anbausystemen für Energiepflanzen im Fruchtfolgeregime, Vergleich und Bewertung von Energiefruchtfolgen am Standort Gülzow“, Kolloquium Rostock 20.12. 2007.

A. Gurgel, Peters, J. (2008): „Einordnung von Futterpflanzen in Energiefruchtfolgen am Standort Gülzow“, Futterbautag Ramin, Oktober. 2008.

Peters, J., A. Gurgel (2011): Vermaisung oder eine gute Energiefruchtfolge, Infoveranstaltung „EEG 2012-Eine Chance für den ländlichen Raum?“, Fachverband Biogas e.V., 28.06.2011 Hohen Luckow

Peters, J., A. Gurgel (2011): Bioenergieforum Rostock

Landwirtschaftskammer Niedersachsen

Veröffentlichungen

Rieckmann, Carsten: Getreide für Biogas: So puschen Sie die Erträge, Top agrar 2/2011

Rieckmann, Carsten: Potenziale der Alternativen zu Mais, Land und Forst, 2/2011

Rieckmann, Carsten: Graspotenzial erschließen, Biogasjournal Energiepflanzen, 2010

Rieckmann, Carsten: Welcher NawaRo für welchen Standort, Ackerplus, 01/2010

Benke, Matthias; Rieckmann, Carsten: Biogas aus Ackergras – lohnt sich das?, Top agrar, 9/2009

Sachsen

Infobroschüren

GRUNEWALD, J., FREYDANK, S., SCHRÖDER, S., RÖHRICHT, CH. (2009): Das Projekt EVA – Erprobung von Energiefruchtfolgen zur Biogasproduktion auf D-Südstandorten. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Leipzig.

GRUNEWALD et al. (2012): Energiepflanzen für Biogasanlagen – Regionalausgabe Sachsen; Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., Gülzow.

Beiträge

GRUNEWALD, J., RÖHRICHT, CH. (2010): Standortspezifische Erträge: Trossin (Sachsen) – Roggen-Kartoffel-Region. In: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (Hrsg.), Standortangepasste Anbausysteme für Energiepflanzen. Gülzow, 3. Auflage, 24-25.

GRUNEWALD, J., JÄKEL, K., SCHAEFF, A. (2011): Energiepflanzen für warm-trockene, leichte D-Standorte; In: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (Hrsg.), Tagungsband Biogas in der Landwirtschaft – Stand und Perspektiven (20./21.9.2011 in Göttingen). Gülzow, 300-303.

GRUNEWALD, J., JÄKEL, K. (2012): Biomassebereitstellung für die energetische Verwertung in Sachsen. In: Hochschule Zittau (Hrsg.), Tagungsband Elektroenergie aus Biomasse in dezentraler Anwendung – Technik, Ökonomie, Ökologie (3./4.5.2012 in Zittau). Zittau, 25-32.

GRUNEWALD, J., FREYDANK, S., SCHRÖDER, S., RÖHRICHT, CH. (2009): Gut für Boden und Fermenter Standortangepasste Energiefruchtfolgen für die Biogasproduktion. Neue Landwirtschaft 7/2009, 79-81.

GRUNEWALD, J., FREYDANK, S., SCHRÖDER, S., RÖHRICHT, CH. (2009): Gut für Boden und Biogasanlage Standortangepasste Energiefruchtfolgen in mitteldeutschen Trockengebieten; Bauernblatt 45, 32-35.

GRUNEWALD, J. (2010): Pflanzenbaurat: Nährstoffbedarf einjähriger Energiepflanzen. Bauernzeitung 20/2010 (19.5.2010), 8.

GRUNEWALD, J. (2011): Lücke in der Bilanz. Bauernzeitung 13. Woche (1.4.2011), 32-34.

GRUNEWALD, J. (2011): Pflanzenbaurat: Nährstoffbedarf mehrjähriger Energiepflanzen. Bauernzeitung 19/2011 (13.5.2011), 8.

GRUNEWALD, J. (2012): Pflanzenbaurat: Fruchtfolgen für Energiepflanzen. Bauernzeitung 20/2012 (18.5.2012), 8.

GRUNEWALD, J., JÄKEL, K. (2012): Zwei Ernten im Jahr. Bauernzeitung 35/2012 (31.8.12), 46- 47.

GRUNEWALD, J., JÄKEL, K. (2012): Zweikulturnutzung – Rechnet sich's? Bauernzeitung 36/2012 (7.9.2012), 54-55.

Projektberichte

GRUNEWALD, J., JÄKEL, K. (2009, 2010, 2011): EVA II, Teilprojekt 1 - Energiefruchtfolgegrundversuch: Erprobung von Energiefruchtfolgen zur Biogasproduktion auf einem warm-trockenen, leichten D-Südstandort – Jahresbericht. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Leipzig.

GRUNEWALD, J., JÄKEL, K. (2009, 2010): EVA II, Teilprojekt 1 - Gärrestversuch: Prüfung verschiedener Stickstoffdüngevarianten (100 % mineralisch, 50 % organisch / 50 % minera-

lisch, 100 % organisch) auf einem warm-trockenen, leichten D-Südstandort – Jahresbericht. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Leipzig.

GRUNEWALD, J., JÄKEL, K. (2012): EVA II, Teilprojekt 1 - Energiefruchtfolgegrundversuch: Erprobung von Energiefruchtfolgen zur Biogasproduktion auf einem warm-trockenen, leichten D- Südstandort vorläufiger Endbericht (Stand: 31.10.2012). Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Nossen.

Vorträge

GRUNEWALD, J. (2009): Standortangepasste Energiefruchtfolgen zur Biogasproduktion auf leichten Böden – Vorstellung und Ergebnisse eines Verbundprojekts. Fachveranstaltung „Energiefruchtfolgen“, Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Trossin, 10.6.2009.

GRUNEWALD, J. (2009): Energiepflanzen für Biogasanlagen – Ergebnisse des Anbaus auf D-Südstandorten; Leipziger Biogas-Fachgespräche 2009/2010, Deutsches Biomasseforschungszentrum, Leipzig, 2.12.2009.

GRUNEWALD, J. (2010): Energiepflanzen für Biogasanlagen – Ergebnisse des Anbaus auf leichten Böden. Winterfortbildung, „Landwirtschaft und Beratung Dr. Hartwig Katzer“, Hochkirch bei Bautzen, 1.2.2010.

GRUNEWALD, J. (2010): Standortangepasste Anbausysteme für Energiepflanzen zur Biogasproduktion Das Verbundprojekt EVA. Fachveranstaltung „Energiepflanzenanbau zur Biogasproduktion“, Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Trossin, 1.9.2010.

GRUNEWALD, J. (2010): Energiepflanzen zur Biogasproduktion – Ergebnisse aus den Projekten „EVA“ und „*Sorghum*“. Fachtagung „Erneuerbare Energien – Einkommensalternativen“, Kompetenzzentrum Bioenergie Leipzig & Kreisbauernverband Borna/Geithain/Leipzig, Grimma, 26.10.2010.

JÄKEL, K., GRUNEWALD, J. (2010): Energiepflanzenanbau in Sachsen. Sächsischer Bioenergietag, Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Groitzsch, 18.11.2010.

GRUNEWALD, J. (2010): Energiepflanzenanbau zur Biogasproduktion bei Klimaveränderungen. 2. REGKLAM-Workshop „Landwirtschaft im Klimawandel“, Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Groitzsch, 3.12.2010.

JÄKEL, K., GRUNEWALD, J. (2010): Energiepflanzenanbau in Sachsen. Biogasfachgespräch „Veränderte Stoff- und Energieströme“, Deutsches Biomasseforschungszentrum, Leipzig, 8.12.2010.

GRUNEWALD, J. (2011): Welche Chancen bieten Zwei-Kultur-Anbausysteme? Fachveranstaltung „Biomassebereitstellung in der Landwirtschaft“, ENERTEC, Leipzig, 26.1.2011.

GRUNEWALD, J. (2011): Hauptfruchtanbau versus Zweikulturnutzung. Fachveranstaltung „Energiepflanzen für die Biogasproduktion“, Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Trossin, 1.9.2011.

JÄKEL, K., GRUNEWALD, J. (2010, 2011): Nachwachsende Rohstoffe in Sachsen. Verschiedene Fachveranstaltungen des LfULG und Betriebsakademie Agrarmanagement, Dresden.

JÄKEL, K., GRUNEWALD, J. (2011): Energiepflanzen zur Biogasproduktion im Mittelgebirgsvorland. Plauen, November 2011.

JÄKEL, K., GRUNEWALD, J. (2012): Biomassebereitstellung für die energetische Verwertung in Sachsen. Fachtagung „Elektroenergie aus Biomasse“, Hochschule Zittau, Zittau, 3./4.5.2012.

GRUNEWALD, J., EBEL, G. (2012): Energiepflanzenproduktion auf nordostdeutschen Diluvialstandorten: Herausforderung bei temporärem Wassermangel auf leichten Böden. 3. Forum Energiepflanzen „Anbausysteme für Biogassubstrate und Ergänzungen zum Mais – Ergebnisse aus 6 Jahren Forschung im EVA-Verbund“, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe & Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Jena, 4./5.7.2012.

GRUNEWALD, J. (2012): Ergebnisse aus 7 Jahren Energiefruchtfolgeforschung für die Biogasproduktion auf einem leichten D-Standort in Nordsachsen (2005-2011). Fachveranstaltung „Energiepflanzen für die Biogasproduktion“, Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Trossin, 29.8.2012.

JÄKEL, K., GRUNEWALD, J., THEIß, M. (2013): Aktuelles zu alternativen Energiepflanzen. Biogasfachgespräch „Betriebsmanagement“, Deutsches Biomasseforschungszentrum, Leipzig, 23.1.2013.

JÄKEL, K., GRUNEWALD, J., THEIß, M. (2013): Nachwachsende Rohstoffe in Sachsen – Stand & Perspektiven. ENERTEC, Leipzig, 29.1.2013.

GRUNEWALD, J. (2013): Ergebnisse aus der EVA-Forschung. Fachveranstaltung „Energiepflanzen für Biogasanlagen“, Trossin, 28.8.2013.

Poster & Postervorstellungen

GRUNEWALD, J., FREYDANK, S., SCHRÖDER, S., RÖHRICHT, CH. (2009): Erprobung von Energiefruchtfolgen für D-Südstandorte zur Biogasproduktion. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Leipzig.

GRUNEWALD, J., SCHRÖDER, S., RÖHRICHT, CH. (2009): Energiefruchtfolgen. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Leipzig.

GRUNEWALD, J. (2010): Versuchsplan des Verbundprojektes EVA II. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Leipzig.

GRUNEWALD, J., JÄKEL, K. (2010, 2011, 2012, 2013): Prüfung verschiedener Stickstoffdüngevarianten im „Kleinen Gärrestversuch“ – Versuchsdarstellung und Ergebnisse. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Leipzig/Nossen.

GRUNEWALD, J., JÄKEL, K. (2010, 2011, 2012, 2013): Erprobung von Energiefruchtfolgen zur Biogasproduktion auf einem warm-trockenen D-Süd-Standort – Aufbau und Ergebnisdarstellung. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Leipzig/Nossen.

GRUNEWALD, J., JÄKEL, K. (2011): Energiepflanzen für warm-trockene, leichte D-Standorte: Biomasseleistung, Gasausbeute und Wirtschaftlichkeit (3-teilig). Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Leipzig.

GRUNEWALD, J., JÄKEL, K. (2013): Zweikulturnutzung auf leichten, trockenen Standorten – Reicht das Wasser für einen nachhaltigen Anbau? Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Nossen.

Postervorstellung bei(m)

hausinternen Fachveranstaltungen, u. a. bei den jährlichen Energiepflanzentagen in Trossin (2009-2013)

Fachtagung „Energetische Nutzung Nachwachsender Rohstoffe“ am 10./11.9.2009 und 9./10.9.2010 in Freiberg

FNR-/KTBL-Kongress „Biogas in der Landwirtschaft“ am 15./16.9.2009 in Weimar, 20./21.9.2011 in Göttingen und am 10./11.9.2013 in Kassel

„2. Bzw. 3. Symposium Energiepflanzen“ am 17./18.11.2009 und 2./3.11.2011 in Berlin
Forum „Anbausysteme für Biogassubstrate und Ergänzungen zum Mais – Ergebnisse aus 6 Jahren Forschung im EVA-Verbund“ am 4./5.7.2012 in Jena

Newsletter- und Internetbeiträge

GRUNEWALD, J., ZANDER, D., JÄKEL, K. (2009): Fachveranstaltung „Energiepflanzen- und Sorghumhirseanbau zur Biogasproduktion auf leichten Standorten“ am 10. Juni 2009 in Trossin (Nachlese). Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Leipzig (<http://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/10517.htm>).

GRUNEWALD, J., RÖHRICHT, CH. (2009): Biogas vom Acker – Fruchtfolgen auf leichten Böden erprobt. Newsletter des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie vom 27.8.2009 (<http://www.smul.sachsen.de/lfulg/13860.htm>).

DUDZIAK, D., GRUNEWALD, J., ZANDER, D., JÄKEL, K. (2010): Fachveranstaltung „Energiepflanzenanbau zur Biogasproduktion“ am 01. September 2010 in Trossin (Nachlese). Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Leipzig.

GRUNEWALD, J., JÄKEL, K. (2010): EVA-Projekt-Homepage: Trockene, leichte D-Standorte Ost (Sachsen). Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Jena (<http://www.evaverbund.de/regionen/roggen-kartoffel-region-sn>)

GRUNEWALD, J., ZANDER, D., JÄKEL, K. (2011): Energiepflanzen für die Biogasproduktion 2011 (Veranstaltungs-Nachlese). Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Leipzig (<http://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/26578.htm>).

GRUNEWALD, J., THEIß, M., JÄKEL, K. (2012): Fachveranstaltung „Energiepflanzen für die Biogasproduktion“ (Nachlese). Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Nossen (<http://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/26917.htm>).

GRUNEWALD, J., THEIß, M., JÄKEL, K. (2013): „Energiepflanzen für Biogasanlagen“ am 28.08.2013 in Trossin (Nachlese). Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Nossen (<http://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/30699.htm>).

EVA-Fachveranstaltungen des LfULG mit Ergebnisdarstellung und Versuchsfeldbesichtigung

10.09.2009: Fachveranstaltung „Energiefruchtfolgen und Sorghumhirsen“ in Trossin

01.09.2010: Fachveranstaltung „Energiepflanzenanbau zur Biogasproduktion“ in Trossin

01.09.2011: Fachveranstaltung „Energiepflanzen für die Biogasproduktion“ in Trossin

29.08.2012: Fachveranstaltung „Energiepflanzen für die Biogasproduktion“ in Trossin

Thüringen

Veröffentlichungen

Vetter, A.; Strauß, C.; Nehring, A.; Pflanzenbauliche Aspekte für die Biogaserzeugung. In: Gewässer- und Bodenschutz bei der Biogaserzeugung. Tagungsband (2009)

Vetter A.; Strauß, C. Heiermann, M. Neues vom EVA-Verbund. In: Biogas-Journal 3 (2009)

Vetter, A.; Strauß, C.; Nehring, A.; Herrmann, C.; Willms, M.; Glemnitz, M. EVA sucht geeignete Anbausysteme. In: Biogas – Journal, Sonderheft Energiepflanzen (2010), S.14-17.

Strauß, C.; Vetter, A.; Nehring, A. Energiepflanzenfruchtfolgen: Möglichkeiten und Grenzen. In: Tagungsband Norddeutsches Marktfruchtforum. Lübeck. CAU Kiel (Hrsg.).

Strauß, C.; Vetter, A. Reus, D. Development and comparison of optimised cropping systems for the production of energy plants under the variety of regional conditions in Germany ("EVA/ EVA II"). Results of a delphi analysis. In: 19th European Biomass Conference, Berlin 08.06.2011. Tagungsband

Vetter, A.; Strauß, C.; Nehring, A.; et al. Projekt EVA – Ergebnisse aus sechs Jahren Fruchtfolgeforschung zu Energiepflanzen; In: 3. Symposium Energiepflanzen am 02./03.11.2011 in Berlin, Tagungsband.

Vetter, A.; Eckner, J.; et. al.: Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die Produktion von Energiepflanzen (EVA); In: 4. Symposium Energiepflanzen 22./23.10.2013 in Berlin, Tagungsband.

Strauß, C. Reus, D., Vetter, A. Kuhlmann, F. Ergänzungen zum Mais. In: Neue Landwirtschaft. 11 (2011), S. 94-101

Nehring A., Oswald M. Aktueller Pflanzenbaurat: Effiziente Nutzung von Gärresten in der Landwirtschaft. In: Bauernzeitung (52), 43. KW (2011), S. 8

Nehring, A.; Freund, D.; Vetter, A. Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands (EVA II), Teilvorhaben: Fruchtfolgeversuche. In: Jahresbericht 2010, Schriftenreihe Heft 2 (2011), S. 135-137

Oswald, M.; Nehring, A.; Vetter, A. Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands (EVA II), Teilvorhaben: Gärrestversuche. In: Jahresbericht 2010, Schriftenreihe Heft 2 (2011), S. 138-140

Nehring, A.; Conrad, M.; Biertümpfel, A. Fruchtfolgen für die Bioenergieerzeugung. Jena: Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, 2010 <http://www.tll.de/ainfo>

Oswald, M.; Nehring, A. Aktueller Pflanzenbaurat: Einsatz von Biogasgülle prüfen. In: Bauernzeitung (51), 39. KW (2010), S.8

Strauß, Ch. Optimierter Energiepflanzenanbau für Biogasanlagen. In: Gülzower Fachgespräche, Band 32, Tagungsband „Biogas in der Landwirtschaft – Stand und Perspektiven“ 15./16.09.2009 in Weimar (2010), S. 267-277

Strauß, C.; Nehring, A. Biogaspflanzen: Forschung zu Fruchtfolgen. In: TLR-Mitteilungen, Ausgabe 2 (2010), S. 6

Strauß, C., Boß, K, Vetter, A. Zwischenbericht Verbundvorhaben EVA II 2009; Zusammenfassende Darstellung ausgewählter Ergebnisse. Eigenverlag der TLL (2010).

Strauß, Ch., Nehring, A., Bischoff, R., Hengelhaupt, F. Vetter, A. Die Vielfalt Erkennen. In: Bauernzeitung 51, 7. KW (2010), 29-31

Nehring, A.; Strauß, Ch., Vetter, A. Stabil im Gas, stark im Ertrag. In: Bauernzeitung 50, 30. KW (2009), S. 28-30

Nehring, A.; Vetter, A., Strauß, Ch. Gestaltung von Fruchtfolgen zur Biogaserzeugung in Abhängigkeit vom Standort. In: 18. Jahrestagung des Fachverbandes Biogas e.V. - Workshop 5- Nachhaltiger Anbau von Nachwachsenden Rohstoffen am 03.02.2009 in Hannover, Tagungsband (2009), S. 1-15.

Nehring, A.; Vetter, A.; Ebel, G.; Rieckmann, C.; Wilken, F.; Heiermann, M.; Herrmann, C.; Idler, C.; Strauß, C. Ein starker Partner - Ganzpflanzengetreide. In: Joule, Nr. 2 (2009), S. 45-49

Strauß, C.; Vetter, A. Verbundprojekt EVA. Phase II 2009 bis 2012. In: Flyer, TLL Eigenverlag (2009)

Strauß, C.; Nehring, A.; Vetter, A. Standortangepasste Anbausysteme. In: 18. Jahrestagung des Fachverbandes Biogas e. V. am 03.02.2009 in Hannover Tagungsband (2009). S. 9-17.

Strauß, C; Nehring, A; Vetter, A. Optimierter Energiepflanzenanbau für Biogasanlagen. In: FNR/KTBL-Kongress „Biogas in der Landwirtschaft – Stand und Perspektiven“ 15./16.09.2009 in Weimar, Tagungsband (2009), keine Seitenzahlen

Strauß, C. Nehring, A.; Vetter, A. Alternativen zum Biogasmais getestet. Energiepflanzenanbau für Biogasanlagen- Möglichkeiten einer vielfältigen Gestaltung. In: LOP, 11 (2009). S. 14-19.

Strauß, Ch.; Vetter, A.; Nehring, A. Standortangepasste Produktionssysteme für Energiepflanzen. In: Aktiver Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel – Beiträge der Agrar- und Forstwirtschaft am 15./16.06.2009 in Braunschweig, Tagungsband (2009), S. 176, www.vti.bund.de/de/institute/ak/aktuelles/veranstaltungen/homepages/0901_klimaschutz/Tagungsband_web.pdf

Strauß, C.; Vetter, A.; Nehring, A. Development and comparison of optimised cropping systems for the production of energy plants under the variety of regional conditions in Germany ("EVA"). In: 17th European Biomass Conference am Datum und Ort der Veranstaltung, Tagungsband (2009), keine Seitenzahlen

Strauß, C., Vetter, A.; Nehring, A. Fruchtfolgegestaltung im Energiepflanzenanbau für Biogas. In: Forum New Power, 03 (2009). S. 5-9

Strauß, C., Vetter, A., Nehring: Entwicklung und Vergleich Standortangepasster Produktionssysteme für Energiepflanzen. In: Internationale Wissenschaftstagung Biogas Science 02 bis 04.12.2009. Tagungsband 1. Vorträge. Schriftenreihe der Bayrischen Landesanstalt für Landwirtschaft. 15 (2009). S. 47-56.

Strauß, C. Aktueller Pflanzenbaurat: Ganzpflanzengetreide: Methanausbeuten vom Ährenschieben bis zur Teigreife. In: Bauernzeitung (52), 16. KW (2011), S. 8

Auf die in EVA II gehaltenen über 45 Vorträge und 12 Poster soll an dieser Stelle nicht im Detail eingegangen werden.

Übergreifend

Veröffentlichungen

Vetter, A. Heiermann, M., Toews, T. (Hrsg.): Anbausysteme für Energiepflanzen – optimierte Fruchtfolgen und effiziente Lösungen. Frankfurt am Main: DLG-Verlag, S. 156-165, ISBN 978-3-7690-0701-5 (Beiträge von unterschiedlichen Autoren des EVA- Verbunds)

FNR (2008, Hrsg.): Standortangepasste Anbausysteme für Energiepflanzen. Broschüre. Gülzow.

FNR (2010, Hrsg.): Standortangepasste Anbausysteme für Energiepflanzen. Broschüre. Gülzow.

Strauß, C.; Boß, K.; Nehring, A.; Gödeke, K. (2011): Standortangepasste Anbausysteme. Flyer zum Projekt EVA II. 3. Aktualisierte Auflage (2011)

Strehlow, B.; de Mol, F.; Nehring, A.; Struck, C.; Gerowitt, B. (2010): Fruchtfolgen mit Energiepflanzen - Wurzel- und Stängelbasiskrankheiten in Wintergetreide an sieben Versuchsstandorten in Deutschland (EVA-Projekt), Rotations with energy crops-root and stem diseases of winter cereals at seven experimental sites in Germany (EVA-project), In: Julius-Kühn-Archiv, 428, 57. Deutsche Pflanzenschutztagung Berlin, (2010), S. 346